



**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Pós-Graduação em Geociências**

**Área de Administração e Política de Recursos Minerais**

**MOACIR CIPRIANI**

**Mitigação dos Impactos Sociais e Ambientais**

**Decorrentes do Fechamento Definitivo de Minas de Urânio**

200306188

Tese apresentada ao Instituto de Geociências como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências na área de Administração e Política de Recursos Minerais

**Orientador:** Prof. Dr. Luiz Augusto Milani Martins

**Co-orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rachel Negrão Cavalcanti

Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por Moacir Cipriani e aprovada pela Comissão Julgadora em 27/11/2002

ORIENTADOR

**CAMPINAS - SÃO PAULO**

Novembro - 2002

i

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA	UNICAMP
	C495m
V	EX
TOMBO BC	52426
PROC.	124103
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	01/03/03
Nº CPD	

CM00179835-7

BIB 12 232212

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DO I.G. - UNICAMP**

**Cipriani, Moacir**

C495m Mitigação dos impactos sociais e ambientais decorrentes do fechamento definitivo de minas de urânio / Moacir Cipriani - Campinas, SP: [s.n.], 2002.

**Orientadores: Luiz Augusto Milani Martins, Rachel Negrão Cavalcanti**  
Tese (doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Urânio-indústria. 2. Minas e recursos naturais. 3. Aspectos sociais. 4. Meio ambiente. 5. Legislação Ambiental e Nuclear. I. Martins, Luiz Augusto Milani. II. Cavalcanti, Rachel Negrão. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. IV. Título.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA  
DE RECURSOS MINERAIS**

**AUTOR: Moacir Cipriani**

**Mitigação dos Impactos Sociais e Ambientais  
Decorrentes de Fechamento Definitivo de Minas de Urânio**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Augusto Milani Martins**

**CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. Rachel Negrão Cavalcanti**

**Aprovada em:** 27/11/2002

**PRESIDENTE: Prof. Dr. Luiz Augusto Milani Martins**

**EXAMINADORES:**

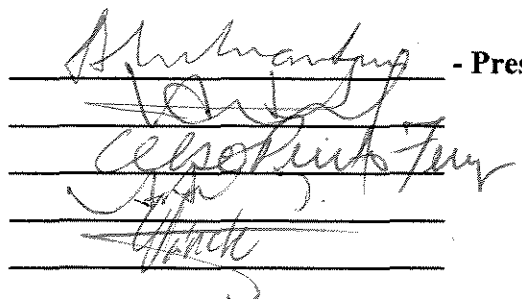
**Prof. Dr. Luiz Augusto Milani Martins**

**Prof. Dr. Hildebrando Herrmann**

**Prof. Dr. Celso Pinto Ferraz**

**Prof. Dr. Arthur Pinto Chaves**

**Prof. Dr. Luis Henrique Sánchez**

 - Presidente

**Campinas, 27 de novembro de 2002**

## ERRATA

Local	Onde se lê	Leia-se							
Página i, parágrafo 6, linha 2.	... do Jornal de Poços...	...da Folha de Poços...							
Página 5, parágrafo 1, linha 7.	... do Jornal de Poços...	...da Folha de Poços...							
Página 8, parágrafo 4, linha 1.	... soma do produto da dose...	...soma dos produtos da dose...							
Página 9, linha 5.	... 0,2 mSv...	...0,02 mSv...							
Página 21, parágrafo 3, linha 2.	... e o material sólido, retirado da mina nas fases de desenvolvimento e de lavra e que não é considerado minério, chama-se rejeito da mina.	... e os materiais rochosos e terrosos que precisam ser removidos para se ter acesso ao minério, e que não se qualificam como tal, chamam-se estéreis. Em várias oportunidades, referimo-nos aos estéreis como rejeitos, de acordo com a definição adotada nas normas da CNEN.							
Página 21, parágrafo 4, linha 1.	O rejeito da mina, chamado de bota-fora, é geralmente acumulado em pilhas em locais próximos da mina ou...	Os estéreis geralmente são amontoados em locais próximos da mina, chamados de bota-fora ou...							
Página 22, parágrafo 4, linha 6.	... ferro velho...	... sucata...							
Página 46, Tabela 2.3, Outros.	1.172, 1.182, 1.371, 1.918, 2000, 2.712, 2.160, 5.062.	949, 89, 380, 669, 580, 823, 740, 3.121.							
Página 49, parágrafo 3, linha 1.	...34.986...	...34.990...							
Páginas 51 até 53, Tabela 2.4. Outros.	27.040; 205; 175; 515; 240; 237; 271; 225; -272; 223; 232; 263; 186; 216; 53; -132; 113; 67; -5.230; 19.100; 14.890; 14.240; 13.670.	27.068; 209; 176; 515; 237; 235; 273; 225; -269; 222; 233; 260; 89; 220; 49; -133; 33; 67; -4.871; 19.458; 15.136; 14.244; 13.662.							
Página 53, Tabela 2.4, nota b.	b= até 1998	b=valores corrigidos até 1998							
Página 60, Tabela 2.6, Título.	...Exploração...	...Exploração							
Página 60, Tabela 2.6.	Faixa de Custo (US\$/kU)	Faixa de Custo (US\$/kgU)							
Página 60, Tabela 2.6.	≤ > 130	≤ 130							
Página 60, Tabela 2.6.	Argélia	Argélia							
Página 64, Tabela 2.7, Uzbequistão, 1999.	8.30	8.300							
Página 75, Item 3.1.2, linha 9.	... RangerUranium...	...Ranger Uranium...							
Página 93, Item 3.4.1.	Leis e Regulamentos Federais...	Leis e Regulamentos Nacionais...							
Página 100, parágrafo 1, linha 5.	...técnico da prefeitura para implementação...	...técnico do <i>Préfet</i> que é o representante do Governo Francês num distrito chamado de <i>Département</i> , para implantação da política de minas. Quando estas exigências estiverem satisfeitas o <i>Préfet</i> pode...							
Página 100, parágrafo 2, linha 1.	Quando a remediação é completada, a prefeitura ordena a checagem que é feita pela DRIRE e então o prefeito pode...	Quando a remediação é completada, o <i>Préfet</i> ordena a checagem que é feita pela DRIRE e então ele pode...							
Página 112, linha 1.	...contrariando também o artigo 8 (VIII) da...	...contrariando também o artigo 8 (XVII) da...							
Página 112, linha 2.	(NLB, 1989).	(NLB, 1984).							
Página 116, parágrafo 2, linha 3.	...prefeito da cidade sede do empreendimento...	... <i>Préfet</i> do <i>Département</i> onde se localiza o empreendimento							
Página 119, parágrafo 1, linha 10.	... das as de Ranger...	...das quais as de Ranger...							
Página 131, parágrafo 3, linha 2.	...os anos 1950...	...os anos 50...							
Página 178, parágrafo 3, linha 3.	...com o Código e ...	...com o Código de...							
Página 200, linha 14.	1975 -	1974 -							
Página 213, Quadro 5.1. Autorização para Operação Inicial – AOI.	...Relatório Final de Análise de Segurança (RFAS)...	...Relatório Preliminar de Análise de Segurança (RPAS)...							
Página 216, linha 11.	(FUKUMA et al, 1985;	(FUKUMA et al, 1984;							
Página 219, parágrafo 2, linhas 4 e 13.	...SLC...	...CGLC...							
Página 236, parágrafo 4, linha 7.	...discursou ma Assembléia...	...discursou na Assembléia...							
Página 246, parágrafo 4, linha 3.	...de Transporte ad qual...	...de Transporte da qual...							
Página 299, parágrafo 2, linha 1.	...US\$ 21,1 milhões...	...US\$ 20,1 milhões...							
Página 307, linha 17.	FY, R. M....	FRY, R. M....							
Página 26, parágrafo 2. Substituir por:	O Banco Mundial, ao tratar genericamente dos impactos adversos da indústria mineral, verificados em países de economia mineira, vai além daqueles relacionados ao aspecto ambiental e inclui os sociais e econômicos, como os seguintes:								
Página 54, Tabela 2.5. Acrescentar na tabela os seguintes dados:	República Checa	680	680	110	110	84	84	87	87
Página 181, Quadro 4.4. Metaconglomerado Quartzoso. Substituir por:	Metaconglomerado Quartzoso	Quadrilátero Ferrífero		Gandarela		12.720		Minas Gerais	
				Serra das Gaivotas					



---

*À minha família,  
Conceição, Fábio, Débora e Felipe,  
principal motivação de minha vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Dr. Luiz Augusto Milani Martins, orientador desta tese, pelos conhecimentos transmitidos e incansável trabalho de motivação.

À Professora Dra. Rachel Negrão Cavalcanti, co-orientadora deste trabalho, pela acolhida amiga e segura nas horas de incertezas, ajudando a por o pé na estrada.

Ao Diniz Alberto Oliveira de Rezende, Gerente de Desenvolvimento de Novos Processos da INB, pela autorização para atualização dos dados sobre o CIPC.

Ao Walter Scassiotti Filho, Coordenador de Produção da INB, pela atualização dos dados de produção e consumo do CIPC.

---

Ao Paulo Giacchetta, Desenhista Projetista da INB, pela execução dos mapas de localização do empreendimento.

Ao Décio Alves de Moraes, antigo proprietário da Folha de Poços e do Jornal da Mantiqueira pela permissão de pesquisa em seu acervo de jornais.

Ao Lourival Storani Júnior, do Museu Histórico Geográfico de Poços de Caldas, pelo atendimento durante a consulta e cópia dos jornais.

Ao Luis Felipe Cipriani pelo apoio no levantamento e execução das cópias dos jornais.

À Maria Rego Monteiro Gomes, do Laboratório de Poços de Caldas-CNEN, pela paciência em ajudar na solução dos problemas quando o computador teimava em não obedecer e pelo auxílio na aquisição de cópias dos artigos técnicos.

À Márcia A. Schenfel Baena, Cássia Raquel da Silva e Doraci Inácio, da Biblioteca do Instituto de Geociências da Unicamp, pela esmerada assistência prestada durante todo o período despendido na execução deste trabalho, especialmente à Cássia pela gentileza de revisar as referências bibliográficas.

Ao Centro de Informações Nucleares-CNEN, pelo pronto atendimento no serviço de busca de artigos técnicos e pela assistência prestada em minhas pesquisas no CIN.

Aos professores do Departamento de Administração e Política de Recursos Minerais do Instituto de Geociências-Unicamp o reconhecimento pelos ensinamentos transmitidos.

À CNEN, nas pessoas de seus dirigentes, pela autorização para realizar o Doutorado.

A todos os amigos, pela convivência e incentivo.

---

---

*“I wish to close by reminding those involved in managing uranium mill tailing waste activities that we must recognize and reaffirm the burden of technical responsibility that we carry as active participants. But that alone is not enough. We must also recognize that success in our programmes will require a delicate blending of new knowledge in the physical and engineering sciences with the development of new forms of societal accommodation and collaboration. Such an inescapable linkage calls for programme leaderships and strong initiatives on both counts if we are to meet the challenge” (COFFMAN, 1982).*



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

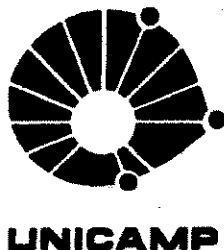
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA  
DE RECURSOS MINERAIS

**MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIAIS E AMBIENTAIS  
DECORRENTES DO FECHAMENTO DEFINITIVO DE MINAS DE URÂNIO**

**RESUMO**  
**TESE DE DOUTORADO**

**Moacir Cipriani**

Esta tese focaliza o impacto de minas de urânio no Brasil. É recente, no ordenamento da mineração brasileira, a preocupação com os impactos da indústria mineral. A Constituição Federal de 1988 obriga o minerador a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, o qual dispõe de um sistema de normas ambientais condicionantes da atividade mineral. Porém, é incipiente a preocupação com o fechamento de minas, para cuja consecução o poder público ainda carece de normas e regulamentos. Desta forma, o fechamento da primeira mina de urânio no Brasil reveste-se de significado especial pois, os possíveis problemas ambientais relacionados a minas de urânio são graves e a indústria de urânio é estatal. Esta tese está apresentada em duas partes. Na primeira parte, está descrito o estado da arte da indústria do urânio, da sua regulação e do gerenciamento do fechamento definitivo de empreendimentos para o aproveitamento desse bem mineral, no Brasil e em países de destaque no cenário mundial - Austrália, Canadá, EUA, França -, selecionados com base nos seguintes critérios: produção; exportação; controle de reservas e consumo final de urânio. A segunda parte da tese apresenta o estudo do caso do Complexo Mínero-Industrial do Planalto de Poços de Caldas, MG, contendo a descrição do empreendimento e destacando o gerenciamento de rejeitos da mina e da usina de tratamento químico do minério, as pesquisas realizadas desde o início das operações, visando mitigar os impactos ambientais que se verificariam no local, o papel da CNEN como órgão regulador federal de energia nuclear e o levantamento dos impactos sociais decorrentes do aproveitamento do urânio no Planalto de Poços de Caldas, utilizando para isto a cobertura jornalística da imprensa local. Dentre as recomendações finais, é proposto um modelo gerencial e estratégias voltados para a mitigação dos possíveis impactos sociais e ambientais adversos decorrentes do fechamento definitivo do CIPC.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA  
DE RECURSOS MINERAIS

**MITIGATION OF SOCIAL AND ENVIRONMENTAL IMPACTS  
RESULTING FROM FINAL CLOSURE OF URANIUM MINES**

**ABSTRACT**

**Ph.D. THESIS**

**Moacir Cipriani**

---

This thesis focus on the impact of uranium mines in Brazil. It is recent, in the order of the Brazilian mining, the concern with the impact of mining activities. The Federal Constitution of 1988 compels the miner to rehabilitate the degraded environment, in accordance with the technical solution demanded by the competent public agency, which makes use of a system of environmental norms conditioning the mining activity. However, the concern with the closure of mines is in an early stage, for whose achievement the public power still lacks of norms and regulations. The closure of the first uranium mining in Brazil assumes special meaning, because the possible environmental problems related to uranium mines are considered to be serious and the uranium industry is state owned. This thesis is divided in two sections. The first one describes the state of the art of the uranium industry and the rules and management practices regarding the final closure of uranium mining in Brazil and countries like Australia, Canada, EUA and France, that have been selected on the basis of the following criteria: production, exportation, control of reserves and final consumption of uranium. In the second part, a case study of Poços de Caldas mine is presented, with description of historical production, plant waste and the chemical treatment of the ore. This part also presents the research carried out since the beginning of the operations aiming to remedial actions, including the dismantling of surface structures, tailings reclamation, and ground-water restoration, following CNEN (Brazilian Nuclear Energy Commission) rules, as well as a survey of local press coverage of the impact of the industry. A final recommendation is made regarding a management model and strategies to mitigate social and environmental impacts resulting from final closure of the CIPC.

## SUMÁRIO

### Página

Dedicatória.....	v
Agradecimentos.....	vii
Epígrafe.....	xi
Resumo.....	xiii
Abstract.....	xv
Sumário.....	xvii
Lista de Figuras.....	xxi
Lista de Tabelas.....	xxii
Lista de Quadros.....	xxiii
Lista de Abreviaturas e Siglas .....	xxiv
<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>PARTE I            O ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 1        REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL .....</b>	<b>7</b>
1.1. Grandezas e Unidades Radiométricas .....	7
1.2. Radiação Ionizante e seus Efeitos Biológicos .....	10
1.3. Princípios de Radioproteção .....	13
1.4. Estimativa de Dose .....	15
1.5. Efluentes e Rejeitos na Indústria do Urânio e seu Gerenciamento .....	21
1.6. O Risco Radiológico da Mineração de Urânio .....	25
1.7. O Gerenciamento da Atividade Mineral e a Sociedade .....	26
1.8. O Gerenciamento do Fechamento de Minas de Urânio .....	35
<b>CAPÍTULO 2        A INDÚSTRIA DO URÂNIO NO MUNDO .....</b>	<b>41</b>
2.1. Demanda de Urânio .....	41
2.2. Suprimento de Urânio .....	49
2.3. Recursos de Urânio .....	59
2.4. Número de Empregos Diretos na Indústria do Urânio .....	61
2.5. Conclusão do Capítulo 2 .....	64
<b>CAPÍTULO 3        EVOLUÇÃO DA POLÍTICA E DA REGULAÇÃO RELACIONADAS À INDÚSTRIA DO URÂNIO NOS PAÍSES SELECIONADOS .....</b>	<b>67</b>
3.1. Austrália .....	68
3.1.1. Leis e Regulamentos Federais da Indústria do Urânio .....	68
3.1.2. Legislação Ambiental .....	75
3.1.3. Legislações Estaduais .....	77
3.2. Canadá .....	79

3.2.1. Leis e Regulamentos Federais da Indústria do Urânio .....	80
3.2.2. Legislação Ambiental .....	83
3.2.3. Legislações Provinciais .....	85
3.3. Estados Unidos da América .....	86
3.3.1. Leis e Regulamentos Federais da Indústria do Urânio .....	86
3.3.2. Legislação Ambiental .....	89
3.3.3. Legislações Estaduais .....	92
3.4. França .....	93
3.4.1. Leis e Regulamentos Federais da Indústria do Urânio .....	93
3.4.2. Legislação Ambiental .....	97
3.5. Brasil .....	101
3.5.1. Leis e Regulamentos Federais da Indústria do Urânio .....	101
3.5.2. Legislação Ambiental .....	108
3.5.3. Legislações Estaduais .....	111
3.5.4. Normas da CNEN .....	112
3.6. Conclusão do Capítulo 3 .....	114
<b>CAPÍTULO 4 O GERENCIAMENTO DE REJEITOS E O FECHAMENTO DE MINAS E USINAS DE URÂNIO NOS PAÍSES SELECIONADOS .....</b>	<b>119</b>
4.1. Austrália .....	119
4.1.1. Exploração e Produção de Urânio .....	119
4.1.2. Políticas de Gerenciamento de Rejeitos e Fechamento de Minas e Usinas de Urânio .....	122
4.1.2.1. Minas Antigas .....	122
4.1.2.2. Minas Recentes .....	126
4.1.3. Impactos Sociais .....	128
4.1.3.1. O Inquérito Ambiental sobre a Mina de Urânio de Ranger .....	128
4.2. Canadá .....	129
4.2.1. Exploração e Produção de Urânio .....	129
4.2.2. Políticas de Gerenciamento de Rejeitos e Fechamento de Minas e Usinas de Urânio .....	132
4.2.3. Metodologias Usadas na Remediação de Locais de Minas e Usinas de Urânio .	138
4.2.4. Impactos Sociais .....	144
4.3. Estados Unidos da América .....	147



4.3.1.	Exploração e Produção de Urânio .....	147
4.3.2.	Políticas de Gerenciamento de Rejeitos e Fechamento de Minas e Usinas de Urânio .....	156
4.3.3.	Metodologias Usadas na Remediação de Locais de Minas e Usinas de Urânio ..	163
4.3.3.1.	Ações para a Descontaminação e Desmontagem das Usinas .....	163
4.3.3.2.	Ações para a Remediação das Pilhas de Rejeitos .....	163
4.3.3.3.	Ações para a Remediação das Águas Subterrâneas .....	164
4.3.3.4.	Ações para a Remediação de Minas de Urânio .....	165
4.3.4.	Impactos Sociais .....	166
4.4.	França .....	167
4.4.1.	Exploração e Produção de Urânio .....	167
4.4.2.	Políticas de Gerenciamento de Rejeitos e Fechamento de Minas e Usinas de Urânio .....	168
4.4.3.	Metodologias Usadas na Remediação de Locais de Minas e Usinas de Urânio .	173
4.5.	Brasil .....	178
4.5.1.	Exploração e Produção de Urânio .....	178
4.6.	Conclusão do Capítulo 4 .....	181
<b>PARTE II</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>187</b>
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>O COMPLEXO MÍNERO-INDUSTRIAL DO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS .....</b>	<b>187</b>
5.1.	Informações Gerais sobre o CIPC .....	187
5.1.1.	Principais Eventos Históricos .....	199
5.1.2.	Geologia .....	202
5.1.3.	Lavra e Tratamento Físico do Minério .....	204
5.1.4.	Tratamento Químico do Minério .....	205
5.1.5.	Gerenciamento de Rejeitos .....	206
5.1.5.1.	Rejeitos da Mina .....	206
5.1.5.2.	Rejeitos da Usina .....	209
5.1.5.3.	Outros Rejeitos .....	211
5.1.6.	Monitorações e Controles .....	211
5.2.	Pesquisas e Ações Relacionadas à Proteção Ambiental .....	214
5.2.1.	Pesquisas e Ações Desenvolvidas pelo Operador da Instalação .....	214
5.2.1.1.	Pesquisas .....	214
5.2.1.2.	Cobertura e Revegetação dos Bota-foras .....	217
5.2.1.3.	Drenagem dos Bota-foras e da Cava da Mina .....	217
5.3.	O Papel da CNEN .....	218

5.4. Conclusão do Capítulo 5 .....	223
<b>CAPÍTULO 6      IMPACTOS SOCIAIS DO CIPC NO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS .....</b>	<b>227</b>
6.1. Usina de Beneficiamento de Caldasito Uranífero de Poços de Caldas .....	227
6.2. A Mina e a Usina do CIPC .....	237
6.2.1. Antes da Inauguração .....	237
6.2.2. Depois da Inauguração .....	240
6.3. Conclusão do Capítulo 6 .....	270
<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>275</b>
a. Síntese .....	276
• A Política Nuclear .....	276
• Os Impactos da Indústria do Urânio.....	278
b. Diretrizes .....	280
• Diretrizes Gerais .....	280
• Diretrizes Específicas de Radioproteção e Gerenciamento de Rejeitos .....	283
c. Objetivos e Metas para o Fechamento Definitivo do CIPC.....	284
d. Ações Administrativas Recomendadas para o Fechamento Definitivo do CIPC .....	285
e. Ações Específicas Recomendadas para o Fechamento Definitivo da Bacia de Rejeitos..	286
f. Ações Específicas Recomendadas para o Fechamento Definitivo das Pilhas de Bota-Foras .....	289
g. Ações Específicas Recomendadas para o Fechamento Definitivo da Cava da Mina .....	291
h. Ações Específicas Recomendadas para o Fechamento Definitivo das Plataformas da Mina e da Usina .....	293
i. Ações Específicas Recomendadas para o Fechamento Definitivo das outras Áreas do CIPC .....	294
j. Estratégias para o Fechamento Definitivo, Remediação e Descomissionamento do CIPC .....	295
k. Responsabilidades e Custos .....	297
• Responsabilidades .....	297
• Custos .....	298
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>301</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>320</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>321</b>

## Lista de Figuras

	<b>Página</b>
Figura 1.1 Vias de Transferência de Radionuclídeos da Indústria do Urânio para o Homem .....	17
Figura 1.2 Relações entre Risco, Dose, Exposição e Concentração de Atividade de Radionuclídeos no Meio Ambiente .....	19
Figura 1.3 Principais Vias de Dispersão de Rejeitos da Indústria de Mineração de Urânio para o Meio Ambiente .....	23
Figura 2.1 Previsão da Necessidade Anual de Urânio, a Curto Prazo, para Geração de Energia Elétrica, em Cenário Menos Conservador da Austrália, Brasil, Canadá, EUA e França .....	47
Figura 2.2 Comparação entre a Produção e o Consumo de Urânio nas Últimas Décadas do Século XX .....	55
Figura 2.3 Previsão da Variação da Capacidade Anual de Produção Doméstica de Urânio na Austrália, Brasil, Canadá, EUA e França até 2015 .....	57
Figura 2.4 Recursos de Urânio da Austrália, Brasil, Canadá, EUA e França .....	61
Figura 5.1 Planalto de Poços de Caldas. Localização do Empreendimento .....	189
Figura 5.2 Detalhes Geográficos do Planalto de Poços de Caldas e Localização do CIPC .....	191
Figura 5.3 Arranjo Físico do Complexo Mineral-Industrial do Planalto de Poços de Caldas .....	195
Figura 5.4 Fluxograma do Gerenciamento de Rejeitos Líquidos e Sólidos no CIPC .....	197
Figura 6.1 Charges Publicadas pela Folha de Poços nos dias 21 e 22 de agosto de 1961 .....	231

## Lista de Tabelas

		Página
Tabela 1.1	Comparação entre os Valores de Dose e seus Efeitos com os Limites de Dose Estabelecidos no Mundo .....	10
Tabela 2.1	Número de Reatores Nucleares e Participação na Geração de Energia Elétrica de cada País .....	43
Tabela 2.2	Capacidade Instalada e Previsões de Geração de Energia Núcleo-Elétrica até 2015 .....	44
Tabela 2.3	Previsão da Necessidade Anual de Urânio para Geração de Energia Núcleo-Elétrica, a Curto Prazo .....	46
Tabela 2.4	Produção de Urânio - Série Histórica .....	51
Tabela 2.5	Capacidade de Produção de Urânio Prevista a Curto Prazo .....	54
Tabela 2.6	Distribuição de Recursos de Urânio de acordo com o Custo de Exploração .....	60
Tabela 2.7	Número Anual de Empregos Diretos na Indústria de Urânio .....	63
Tabela 4.1	Informações sobre as Minas de Urânio da Austrália cujas Atividades já foram Encerradas .....	121
Tabela 4.2	Inventário de Rejeitos de Minas e Usinas de Urânio no Canadá até Dezembro de 1998 .....	133
Tabela 4.3	Estimativas de Custos das Opções de Engenharia Avaliadas por Cenário na Mina de Beaverlodge .....	139
Tabela 4.4	Estimativa do Número de Minas Produzindo Minério de Urânio e de Empregados nessas Minas, nos EUA, entre 1954 e 1966 .....	149
Tabela 4.5	Situação das Usinas Convencionais de Produção de Urânio nos EUA em 1º de janeiro de 1994 .....	152
Tabela 4.6	Situação das Usinas Não Convencionais de Produção de Urânio nos EUA em 1º de janeiro de 1994 .....	154
Tabela 4.7	Informações sobre Descomissionamento das Minas UMTRA - Título I .....	157
Tabela 4.8	Balanço de Desembolso para o Programa UMTRA .....	159
Tabela 4.9	Inventário dos Depósitos de Rejeitos de Minas e Usinas de Urânio na França .....	170
Tabela 5.1	Produção Mineira do CIPC de 1977 a 1997 .....	193
Tabela 5.2	Características dos Bota-foras do CIPC .....	208
Tabela 5.3	Volumes de Águas Ácidas Tratadas no CIPC, Consumo e Custos dos Insumos Usados no Tratamento, no Período de 1994 até 2001 .....	210

## Lista de Quadros

		Página
Quadro 2.1	Fontes de Urânio e sua Influência no Mercado .....	50
Quadro 4.1	Estimativas de Custos das Alternativas de Descomissionamento da Mina de Rayrock. ....	140
Quadro 4.2	Objetivos e Princípios da Cogema para a Remediação dos Locais de Minas de Urânio .....	172
Quadro 4.3	Fases da Exploração de Urânio no Brasil .....	179
Quadro 4.4	Depósitos e Ocorrências de Urânio no Brasil .....	181
Quadro 5.1	Processo Geral para Concessão de Licenças e Autorizações de Minas e Usinas de Tratamento de Minérios de Urânio e Tório pela CNEN .....	213
Quadro A.1	Séries Naturais de Radionuclídeos que Ocorrem numa Mina de Urânio .....	323
Quadro A.2	Comparação entre o Sistema de Classificação de Recursos de Urânio Usado pela NEA/IAEA com os Sistemas Adotados nos Países Selecionados .....	325
Quadro A.3	Relação entre os Sistemas de Classificação de Recursos e de Custos de Produção de Urânio Adotados pela NEA/IAEA .....	327
Quadro A.4	Lista de Normas da CNEN Aplicadas no Licenciamento de Minas e Usinas de Tratamento de Minérios de Urânio e Tório .....	332

## Lista de Abreviaturas e Siglas

A\$	Dólar Australiano
AAEC	Australian Atomic Energy Commission
ABEN	Associação Brasileira de Energia Nuclear
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACIA	Associação Comercial Industrial Agropecuária Poços de Caldas
AEC	Atomic Energy Control Act
AECB	Atomic Energy Control Board
AECL	Atomic Energy Canada Limited
Aids	Acquired Immune Deficiency Syndrome
Alara	As Low as Reasonable Achievable
Amarp	Associação dos Municípios do Alto Rio Pardo
Andra	Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs
ANSTO	Australian Nuclear Science and Technology Organization
AOI	Autorização para Operação Inicial
AOP	Autorização para Operação Permanente
Aramar	Centro Experimental Aramar
Arpansa	Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency
ARRRI	Alligator Rivers Region Research Institute
AUMN	Autorização para Utilização de Material Nuclear
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
BF	Bota-fora
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft
BNA	British North American Act
BPT	Best Practicable Technology
Bq	Bequerel
Canmet	Canadian Center for Mineral and Energy Mines Technology
CBTN	Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear
CDTN	Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
CEAA	Canadian Environmental Assessment Act
Ceme	Comissão de Exportação de Materiais Estratégicos
Cepa	Commonwealth Environmental Protection Agency
Cercla	Comprehensive Environmental Mining Reclamation Act
Cetesb	Companhia Estadual de Tecnologia Ambiental e Saneamento Básico
CFR	Code of Federal Regulations
CGLC	Coordenadoria Geral de Licenciamento e Controle da CNEN
CIC	Complexo Industrial de Caetité
CIPC	Complexo Mínero-Industrial do Planalto de Poços de Caldas
CN\$	Dólar Canadense
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNEN/Dex I	Diretoria Executiva I da CNEN
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Codema	Conselho de Desenvolvimento do Meio Ambiente de Poços de Caldas

Cogema	Compagnie Générale des Matières Nucléaires
Comanbra	Companhia de Materiais Nucleares do Brasil
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Contren	Comissão Nacional dos Trabalhadores em Energia Nuclear
Copam	Conselho Estadual de Política Ambiental
Coppe	Coordenação de Programas de Pós Graduação em Engenharia da UFRJ
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CNSC	Canadian Nuclear Safety Commission
CSSIN	Conseil Supérieur de la Sûreté et de l'Information Nucléaires
DEM	Departamento de Exploração Mineral da CNEN
Demae	Departamento Municipal de Água e Esgotos
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DGEMP	Diretoria Geral para Energia e Matérias Primas
DNA	Ácido Desoxiribonucleico
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DOU	Diário Oficial da União
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
DRM	Departamento de Recursos Minerais da CNEN
DRS	Diretoria de Radioproteção e Segurança da CNEN
DRT	Delegacia Regional do Trabalho
DSIN	Direction de Sûreté des Installations Nucléaires
DUA	Diuranato de Amônio
Duca	Diuranato de Cálcio
EAR-I	Estimated Additional Resources – Category I
EAR-II	Estimated Additional Resources – Category II
EARP	Environmental Assessment and Review Process
EARPGO	Environmental Assessment and Review Process Guidelines Order
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EIS	Environment Impact Statement
Eletrobras	Centrais Elétricas Brasileiras
ERA	Energy Resources of Australia Ltd.
ERDA	Energy Research and Development Administration
ERISS	Environmental Research Institute of the Supervising Scientist
EUA	Estados Unidos da América
Euratom	European Atomic Energy Commission
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente - MG
FEARO	Federal Environmental Assessment Review Office
FF\$	Franco Francês
Fundacentro	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
g	Gramma
GSC	Geological Survey of Canada
h	Hora
IAEA	International Atomic Energy Agency
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis
IBDF	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

ICM	Imposto sobre Circulação de Mercadorias
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
ICPE	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IEA	Instituto de Energia Atômica
IEN	Instituto de Engenharia Nuclear
INB	Indústrias Nucleares do Brasil S.A.
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IPR	Instituto de Pesquisas Radioativas
IRD	Instituto de Radioproteção e Dosimetria
IRSN	Institut de Radioprotection e Sûreté Nucléaire
ISS	Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza
IUM	Imposto Único sobre Minerais
JM	Jornal da Mantiqueira
kg	Quilograma
l	Litro
LI	Licença de Instalação
LLRWMO	Low-Level Radioactive Waste Management Office
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
LTR	Licença para Trabalho com Radioatividade
m	Metro
MCT	Ministério de Ciências e Tecnologia
mg	Miligrama
MKU	Mary Kathleen Uranium Ltd
ml	Mililitro
mm	Milímetro
MME	Ministério de Minas e Energia
MOA	Memorandum of Agreement
mSv	Milisievert
MW	Megawatt elétrico
na	Informação Não Disponível
NEA	Nuclear Energy Agency
NEPA	National Environmental Protection Act
NESHAP	National Emissions Standards for Hazards Air Pollutants
NLB	Nuclear Law Bulletin
NRC	National Research Council
NRCan	Natural Resources Canada
NRM	Normas Reguladoras de Mineração
Nuclam	Nuclebras Auxiliar de Mineração S. A.
Nuclebras	Empresas Nucleares Brasileiras S. A.
Nuclemon	Nuclebras Mínero Química S. A.
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
ONU	Organização das Nações Unidas
OPRI	Office de Protection Contre les Rayonnements Ionisants



OSS	Office of Supervising Scientist
PCA	Plano de Controle Ambiental
PCCRRUB	Programa Conjunto de Cooperação para o Reconhecimento dos Recursos de Urânio no Brasil
PFL	Partido da Frente Liberal
PMA	Plano de Monitoração Ambiental
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
PNMA	Política Nacional para o Meio Ambiente
ppm	Partes por milhão
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
PT	Partido dos Trabalhadores
PUK	Pechiney Ugine Khulmann
RAR	Reasonably Assured Resources
RAS	Relatório de Análise de Segurança
RCRA	Resource Conservation and Recovery Act
RFAS	Relatório Final de Análise de Segurança
RGIE	Réglement Général des Industries Extractives
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RPAS	Relatório Preliminar de Análise de Segurança
RRM	Radioactive Residue Materials
RS	Speculative Resources
RUEI	Ranger Uranium Environmental Inquiry
s	Segundo
SAE	Secretaria de Assuntos Estratégicos
Sara	Superfund Amendments and Reauthorization Act
SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
SBR	Sistemas de Barragem de Rejeitos
SCPRI	Service Central de Protection Contre les Rayonnements Ionisantes
SCSIN	Service Central de la Sûreté des Installations Nucléaires
Sema	Secretaria Especial do Meio Ambiente
Senai	Serviço Nacional de Aprendizado Industrial
Sisnama	Sistema Nacional para o Meio Ambiente
SIU	Sistema Internacional de Unidades
SLAP	Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras
SR	Serviço de Radioproteção ou Supervisor de Radioproteção
Sv	Sievert
t	Tonelada
TAETA	Taux Annuel d'Exposition Totale Ajoutée
TLC	Taxa de Licenciamento, Controle e Fiscalização de Materiais Nucleares
UB	Urânio do Brasil
UDN	União Democrática Nacional
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UI	Uranium Institute
UIC	Uranium Information Centre

UK	United Kingdom
UMTRA	Uranium Mill Tailings Radiation Action
UMTRCA	Uranium Mill Tailings Radiation Control Act
UNEP	United Nations Environmental Program
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas
UPUK	Uranium Pechiney Ugine Khulman
US\$	Dólar Norte Americano
USAEC	Unites States Atomic Energy Commission
USAM	Usina Santo Amaro
USDOE	Unites 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
USP	Universidade de São Paulo
WL	Working Level
WMC	Western Mining Corporation Holding Ltd.
µg	Micrograma
µl	Microlitro
µm	Micrometro
µR	Microroentgen
µSv	Microsievert

## INTRODUÇÃO

Até época bem recente era comum que a preocupação para encontrar caminhos de desenvolvimento para um país levassem à concentração de maiores esforços para garantir o suprimento de recursos naturais, deixando um pouco de lado a consideração dos efeitos negativos decorrentes do seu aproveitamento e a futura e inexorável desativação do empreendimento.

A mineração teve, durante muito tempo, esse comportamento; a existência de cidades fantasmas, minas abandonadas, lagos, rios, lençóis subterrâneos e terrenos contaminados e bota-foras com drenagem ácida, que requerem uma quantidade significativa de recursos para sua correção, penalizam exemplarmente essa negligência.

A preocupação com o legado a ser deixado para as gerações futuras tem adquirido cada vez mais importância na avaliação de novos projetos, no funcionamento dos empreendimentos e até no fechamento definitivo dos mesmos. Com essa tomada de consciência, as coisas começaram a mudar e hoje está bastante difundida a aplicação de sistemas de gestão ambiental, embora muitas questões sobre o fechamento definitivo e seguro de minas ainda precisem de respostas: Qual é o atual estado da arte dessas mudanças? Quais são os impactos sociais e ambientais que são legados quando um empreendimento mineral é fechado? Quais são as dimensões reais dos impactos e como eles vêm sendo medidos? Como têm evoluído as legislações nos países com tradição mineira visando a minimização dos impactos? Como a evolução tecnológica está auxiliando na solução dos problemas? Qual o impacto dessas mudanças no custo do empreendimento? Qual a percepção que a população do local e da região tem desses impactos a curto e longo prazo?

O ciclo de vida de um empreendimento mineral costuma ser caracterizado tradicionalmente pelas fases de exploração mineral, pesquisa da jazida, desenvolvimento da mina, lavra e exaustão da jazida. Durante a produção, o empreendimento pode vir a ser paralisado temporariamente. A exaustão da jazida encerra definitivamente o empreendimento e o local geralmente é abandonado. A paralisação temporária ou o fechamento definitivo da mina acarreta impactos de ordem social e ambiental sobre a região ou país em que ela está localizada.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Os conceitos de impacto social e de impacto ambiental são apresentados no item 1.7.

Embora esses impactos venham ocorrendo desde os primórdios da mineração e a realidade das cidades fantasmas de distritos mineiros esgotado seja objeto de estudos desde a década de 60, apenas após a década de 70, motivadas pela nova filosofia de preservação do meio ambiente, é que começaram a se intensificar as preocupações com as minas abandonadas e os rejeitos e efluentes produzidos durante e após a operação. O consenso hoje é que, a intensidade desses impactos deve ser mitigada através de preceitos legais mais rigorosos, de políticas de desenvolvimento e outras ações que estimulem a execução de um plano adequado de fechamento das minas, de modo que o seu ciclo de vida seja acrescido das etapas de desativação (ou fechamento definitivo) e de recuperação de áreas degradadas, após as quais deverá haver a tomada de decisão do tempo necessário que o local permanecerá sob monitoração até o seu descomissionamento.<sup>2</sup>

Avanços nessa direção têm sido observados. Para a aprovação de novos projetos começaram a ser exigidos, em alguns países, não só um plano de fechamento futuro como a alocação de recursos para este fim, antes da implantação do empreendimento. Porém, na prática, quando a mina já está em operação há muito tempo ou quando há a suspensão temporária das operações ou ainda, quando ela já foi abandonada, esses planos nem sempre são implementados, pois não havia tal exigência na época da implantação do projeto. Este fato levou à criação de toda uma terminologia para as operações voltadas para deixar as condições ambientais da região da mina o mais próximo possível daquela existente antes da sua implantação, tais como remediação, recuperação, reflorestamento, reabilitação, restauração, revegetação, termos que indicam sempre a correção de erros do passado.

Depois de mais de 30 anos de desenvolvimento de tecnologias, estabelecimento de regulamentos e de procedimento legais e de uma aplicação significativa de fundos para a remediação de áreas de mineração e outros instrumentos de gerenciamento ambiental, é evidente que a eficácia das receitas aplicadas ainda está em avaliação e a adoção de um Sistema de Gestão Ambiental desde o início do empreendimento é apontada como o caminho a ser seguido para se evitar problemas futuros. A sistematização dos aspectos gerenciais da desativação, fechamento, remediação e descomissionamento de empreendimentos minerais, o desenvolvimento de modelos gerenciais para mitigar os impactos futuros e para corrigir os atuais é, para nós, um campo de estudo que embora venha recebendo a atenção merecida de algumas entidades governamentais e privadas representativas

---

<sup>2</sup> O conceito de descomissionamento é apresentado no item 1.8.

do setor mineral, ainda não está equacionado adequadamente na área de Política e Administração de Recursos Minerais.

No segmento de lavra de minérios radioativos, o procedimento histórico não foi diferente e embora hoje haja rigorosas exigências para licenciamento e descomissionamento de minas de urânio e outros materiais radioativos, somente a partir dos anos 70 é que se tomou conhecimento da existência de muitos problemas e os procedimentos para evitá-los passaram a ser estabelecidos e exigidos. No caso de minas de urânio, outras variáveis devem ser levadas em conta, principalmente aquelas derivadas do medo do desconhecido, que permeia a cabeça do cidadão comum, motivado pela falta de informação e conhecimento e pelas incertezas quanto às consequências futuras que permeiam a consciência de cientistas, pesquisadores e formadores de opinião e que podem provocar impactos sociais adversos. A utilização sequencial do solo de minas de urânio para outras atividades tem um complicador a mais, que é a necessidade de descontaminação radioativa, aspecto que, devido ao nível atual de exigência e aos custos correspondentes, tem suscitado muitas análises que apontam para a inviabilização econômica de novos empreendimentos no local. No caso brasileiro, sendo a extração de minério nuclear monopólio da união, a questão da origem dos fundos para o descomissionamento também deve ser analisada.

Por isso consideramos que o fechamento definitivo do Complexo Minero-Industrial do Planalto de Poços de Caldas (CIPC), onde as atividades de lavra e tratamento químico de minério de urânio iniciados em 1982 e paralisadas em 1995, tem características únicas como objeto de estudo.<sup>3</sup> O empreendimento está localizado numa região de tradição mineira e tem, devido ao tipo de mineralização (óxidos de urânio contendo sulfetos metálicos) e ao método de lavra e tratamento usado, um cenário ambiental bastante complexo, que inclui: mina com drenagem ácida e a conseqüente dissolução de espécies radioativas e metálicas, dificultando a decisão sobre o que fazer com as águas e com a cava após o fechamento; bota-foras colocados em talvegues, que também apresentam drenagem ácida e dissolução de espécies radioativas e metálicas; uso de ácido sulfúrico para a dissolução de urânio, o que gerou rejeitos sólidos e líquidos que foram neutralizados e o rejeito sólido produzido foi deposto em bacia de rejeitos; uso de solventes orgânicos na etapa de concentração; instalações e

---

<sup>3</sup> Devido a recente reestruturação da INB o nome da instalação foi mudado para Unidade de Tratamento de Minério de Caldas – MG mas, nesta tese, preferimos manter o nome anterior pelo qual o empreendimento é conhecido e continua sendo tratado.

equipamentos que devem ser descontaminados caso forem utilizadas para outros fins; e, finalmente, a necessidade de monitoração do local ao longo do tempo.

O trabalho partiu das hipóteses de que há muitas e sérias dificuldades a vencer: i) para transformar as exigências da legislação ambiental em trabalhos de engenharia para garantir que o local de uma mineração de urânio em vias de fechamento pela empresa estatal volte a adquirir os predicados que caracterizam a natureza do local, sem que isso signifique o uso do solo para o mesmo fim que tinha antes do licenciamento da mineração; ii) para que os possíveis impactos sociais e ambientais adversos sejam mitigados, e; iii), para que o trabalho conjunto dos diversos órgãos reguladores, nas esferas federal, estadual e municipal, com a participação extensiva da sociedade seja concretizado.

O objetivo geral desta tese é elaborar, com base na análise das experiências de alguns países, um modelo gerencial voltado para a mitigação dos impactos sociais e ambientais adversos decorrentes do fechamento definitivo de minas de urânio, a ser oferecido como contribuição para o fechamento do Complexo Mineiro - Industrial do Planalto de Poços de Caldas. Pretende-se que o modelo proposto seja útil à tomada de decisões durante as diferentes etapas para a desativação do CIPC e fechamento definitivo da primeira mina de urânio no Brasil.

Objetivos específicos a serem atingidos com a realização do trabalho são: i) conhecer a evolução e a situação atual dos procedimentos legais na fase de licenciamento e fechamento definitivo de um empreendimento mineral; ii) caracterizar os impactos sociais e ambientais que ocorrem quando do fechamento definitivo de um empreendimento mineral; iii) conhecer a evolução do conhecimento e desenvolvimento tecnológico na mitigação desses impactos.

Para tanto, a tese foi estruturada em duas partes. A primeira parte, com 4 capítulos, mostra o estado da arte da indústria do urânio, da sua regulação, dos impactos sociais e ambientais e do fechamento definitivo de empreendimentos para o aproveitamento deste bem mineral. O Capítulo 1 apresenta o referencial teórico-conceitual da radioproteção aplicada à mineração de urânio, das relações entre o gerenciamento da atividade mineral e a sociedade e do gerenciamento do fechamento definitivo de minas de urânio. O Capítulo 2 apresenta, como ponto de partida, o cenário da indústria mineral do urânio na segunda metade do século XX. As informações apresentadas permitem a comparação deste segmento industrial no Brasil com o de países de destaque no cenário mundial selecionados com base nos seguintes critérios: a Austrália e o Canadá, são os maiores produtores e exportadores de urânio; a França detem o controle de mais da metade das reservas mundiais de urânio e os EUA são os maiores

consumidores de urânio além de terem sido grandes produtores em passado recente. O Capítulo 3 apresenta a evolução da regulação aplicada ao controle das minas de urânio na Austrália, Canadá, EUA, França e Brasil, o que permite uma comparação entre elas e o destaque das mudanças ocorridas ao longo das últimas décadas, envolvendo as fases de implantação, desenvolvimento e fechamento das minas. A atribuição de autoridade e jurisdição dos diversos órgãos governamentais e de responsabilidades sobre os danos futuros também são objeto do levantamento apresentado. O Capítulo 4 apresenta a evolução do conhecimento e o desenvolvimento tecnológico para atender as novas exigências ambientais e minimizar os impactos adversos decorrentes da desativação de minas de urânio. São destacadas as alternativas tecnológicas e as estratégias que cada país estudado usou no gerenciamento dos rejeitos de suas minas e usinas de urânio, além das modificações tecnológicas que foram consideradas necessárias para a fase de fechamento desses empreendimentos. Nos levantamentos apresentados são enfatizados os principais impactos ambientais e sociais ocorridos em minas de urânio já fechadas nos países estudados.

---

A segunda parte, com 2 capítulos, é o estudo do caso do CIPC. O Capítulo 5 apresenta a descrição do empreendimento do Complexo Mineral-Industrial do Planalto de Poços de Caldas, destacando o gerenciamento de rejeitos da mina e da usina de tratamento químico, as pesquisas realizadas durante a vida do empreendimento visando mitigar os impactos ambientais que se verificaram na região do empreendimento e o papel da CNEN como órgão regulador. O Capítulo 6 apresenta um levantamento dos impactos sociais decorrentes da exploração de urânio no Planalto de Poços de Caldas, usando a cobertura jornalística da Folha de Poços e do Jornal da Mantiqueira. Os levantamentos apresentados em cada capítulo da tese foram objeto de análise do Autor e ao final é apresentada a análise do empreendimento ao longo de seu ciclo de vida e é proposto um modelo para a gestão do fechamento definitivo do CIPC, voltado para a mitigação dos prováveis impactos sociais e ambientais.

## PARTE I O ESTADO DA ARTE

### CAPÍTULO 1 REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

#### 1.1. Grandezas e Unidades Radiométricas e Dosimétricas

Para desenvolver um sistema de radioproteção foi preciso estabelecer grandezas e unidades que permitissem correlacionar a radiação de uma fonte com os efeitos biológicos advindos da exposição do homem a essa radiação. Em primeiro lugar, foi necessário descrever e quantificar a fonte de radiação.

Um átomo radioativo ou radionuclídeo é caracterizado pela instabilidade de seu núcleo. Ele emite espontaneamente determinados tipos de radiação e pode ou não se transformar em outro elemento químico com número de massa igual ou menor. Diz-se, nesse caso que houve uma **transição nuclear espontânea**. Quando o radionuclídeo que emite radiação se transforma em outro elemento químico com número de massa menor, diz-se que houve **decaimento radioativo**.

A taxa de transição característica de cada radionuclídeo é descrita pela sua **meia vida**, que é o tempo necessário para que ocorra transição nuclear espontânea em metade dos átomos existentes numa amostra qualquer desse radionuclídeo.

A velocidade ou taxa na qual as transições ocorrem, numa certa quantidade de radionuclídeos, é chamada de **atividade**, cuja unidade padrão é o Becquerel (Bq).

A unidade de atividade no Sistema Internacional de Unidades (SI) é 1/s. Isto significa que, se a quantidade de um radionuclídeo tem uma atividade de 1 Bq, é porque as suas transições nucleares espontâneas estão ocorrendo na taxa de uma transição por segundo.

Usa-se a expressão, **concentração de atividade**, para expressar a relação entre a quantidade de atividade existente num material e a unidade de massa ou de volume. Por exemplo, as rochas fosfáticas sedimentares apresentam uma concentração de atividade entre 200 Bq/kg e 1.500 Bq/kg.

Para quantificar a interação da radiação com a matéria, utiliza-se como grandeza básica a **dose absorvida** que é a energia média depositada pelas radiações ionizantes em um elemento pontual de matéria, dividida pela massa daquele elemento. A unidade de dose absorvida no SI é



joule por quilograma (J/kg), chamada de gray (Gy) (ICRP, 1977; CNEN, 1988; UNSCEAR, 1993).

Na prática, utiliza-se, para várias finalidades, a média da dose absorvida em um tecido ou em todo o organismo, em vez da dose absorvida apenas num ponto. A adoção desta sistemática apresentava dificuldade para a comparação das doses pois as doses absorvidas devido à exposição de um tecido ou órgão aos diferentes tipos de radiação possuem diferentes eficácias biológicas. Além disso, os órgãos e tecidos do corpo possuem diferentes sensibilidades às radiações ionizantes. Por exemplo, para uma mesma dose absorvida, uma radiação altamente ionizante, como as partículas alfa, é mais efetiva em causar efeitos biológicos, especialmente estocásticos, do que as radiações pouco ionizantes, tais como os raios gama, raios X ou os elétrons, que são as partículas beta.<sup>4</sup> Então, para poder correlacionar melhor os efeitos das doses absorvidas devidas aos diferentes tipos de radiação, adotou-se uma outra grandeza, chamada de dose equivalente (ou equivalente de dose).

A **dose equivalente** num tecido ou num órgão humano corresponde ao produto da dose absorvida por um fator de qualidade, o qual varia de acordo com o tipo de radiação. Por exemplo, o fator de qualidade da radiação alfa é 20, enquanto o fator de qualidade das radiações beta, gama e dos raios X é 1 (ICRP, 1977; CNEN, 1988).

Para correlacionar os efeitos estocásticos ocorridos em diferentes órgãos e tecidos do corpo, os quais possuem diferentes sensibilidades à exposição à radiação ionizante, com o efeito estocástico total, adotou-se outra grandeza, denominada dose equivalente efetiva.

A **dose equivalente efetiva** é estimada pelo soma do produto da dose equivalente recebida em cada órgão ou tecido, por um fator de ponderação, o qual varia para cada órgão ou tecido. Por exemplo, o fator de ponderação para o pulmão é 0,12 e para as gônadas é 0,25 (ICRP, 1977; CNEN, 1988). A soma desses produtos corresponde à dose equivalente efetiva para todo o corpo, cujo fator de ponderação é igual a 1. A dose equivalente e a dose equivalente efetiva são consideradas os melhores indicadores do detrimento devido aos efeitos estocásticos nos indivíduos do público expostos à radiação, e a seus descendentes (ICRP, 1979; UNSCEAR, 1993).

Como os fatores de qualidade e os fatores de ponderação dos diferentes tipos de órgãos e tecidos são grandezas adimensionais, as unidades de dose equivalente e de dose equivalente

---

<sup>4</sup> Os conceitos de efeito estocástico e efeito determinístico são apresentados na seção 1.2.

efetiva são as mesmas da dose absorvida, ou seja, joule/quilograma (J/kg). Mas, para diferenciá-las da dose absorvida, elas recebem o nome especial de sievert (Sv). Um sievert é uma quantidade muito grande. As doses de radiação encontradas no dia-a-dia são expressas em milisievert (mSv) ou microsievert ( $\mu$ Sv). Por exemplo, uma chapa de raios X no peito de uma pessoa acarretará cerca de 0,2 mSv de dose efetiva de radiação. Na Tabela 1.1 podem ser comparados diferentes valores de dose com as suas consequências.

A dose absorvida, a dose equivalente e a dose equivalente efetiva se aplicam tanto para um único indivíduo como para uma média de indivíduos. As doses recebidas pelo ser humano são devidas a dois tipos de exposições: exposição externa, causada por fontes que estão fora do corpo humano e exposição interna, causada por fontes que estão dentro do corpo humano, onde entraram por incorporação. A incorporação de radionuclídeos ocorre, principalmente, através da ingestão e da inalação. No caso de uma dada incorporação de radionuclídeos, estima-se que os mesmos causarão danos durante todo o tempo que estiverem dentro do corpo e que esses danos vão se somando durante esse tempo de permanência ou, se eles não forem eliminados, por todo o resto da vida do indivíduo.

Para se ter a estimativa da dose do indivíduo que incorporou o radionuclídeo adotam-se no SI a dose equivalente comprometida e a dose equivalente efetiva comprometida. A **dose equivalente comprometida** é estimada pela integral da taxa de dose equivalente desde o tempo inicial da incorporação do radionuclídeo até o momento em que ele foi eliminado do interior do corpo ou, caso não se verifique a eliminação, por todo o resto da vida do indivíduo.<sup>5</sup> Se não for especificado o tempo de permanência do radionuclídeo no corpo, usa-se um tempo de 50 anos, para indivíduos adultos (ICRP, 1977). A dose equivalente comprometida tem sido particularmente útil para avaliar as consequências, a longo prazo, de eventos ocorridos num tempo limitado como, por exemplo, uma série de explosões nucleares na atmosfera ou no caso de um acidente nuclear.

Outras quantidades de dose utilizadas na radioproteção são consideradas irrelevantes para os objetivos desta tese e por isto não estão sendo apresentadas.

---

<sup>5</sup> O conceito de taxa como, por exemplo, taxa de dose ou taxa de exposição refere-se à dose ou a exposição recebida num período definido.

**Tabela 1.1. Comparação entre os Valores de Doses e seus Efeitos com os Limites de Doses Estabelecidos no Mundo**

Efeitos		Valores de Dose
Dose Fatal		6.000 mSv
Risco de Morte de 50% das Pessoas Expostas		4.000 mSv
Doenças Temporárias Devido à Radiação		De 1.000 até 2.000 mSv/ano
Limite de Dose para o Trabalhador	Média de 5 Anos	20 mSv/ano
	Em um Ano	50 mSv
Dose Típica de Trabalhadores		3 mSv/ano
Dose de Tripulação Aérea		De 3 a 4 mSv/ano
Limite de Dose para o Público	Média	1 mSv/ano
	Num Único Evento	5 mSv/ano
Dose Devido ao Radônio Dentro das Residências	Faixa de Variação	De 0,5 até 500 mSv/ano
	Valores Normais	Entre 1 até 4 mSv/ano
Radiação de Fundo da Terra	Normal	De 1 até 2 mSv/ano
	Em Algumas Regiões	De 10 até 20 mSv/ano
Dose de Raios X em Exames Médicos		De 2 até 20 mSv
Liberação de Radioatividade por Reatores Nucleares	Limite Autorizado	0,1 mSv/ano
	Liberações Normais	0,002 mSv/ano
Dose Média Global Devida a Todas as Fontes		5 mSv/ano

Fonte: WAHLSTRÖM, 1994. Adaptado pelo Autor.

## 1.2. Radiação Ionizante e seus Efeitos Biológicos.

Qualquer processo que remova ou adicione elétrons a um átomo ou a uma molécula irá produzir íons. Esse fenômeno de modificação dos átomos, formando íons, chama-se **ionização**. Os processos mais comuns de ionização incluem as reações químicas e as radiações. As principais

radiações ionizantes são a luz, os raios X, os raios gama e algumas partículas emitidas pelo núcleo dos átomos radioativos quando eles se desintegram, chamadas de radiação alfa e radiação beta.

Os átomos e as moléculas que formam as células dos organismos vivos também estão sujeitos a essas modificações causadas pela interação da radiação ionizante com a matéria. Algumas dessas modificações podem acarretar, a curto e a longo prazo, consequências danosas chamadas de efeitos biológicos da radiação ionizante. Dos vários tipos de danos que a radiação ionizante pode causar nas células, o mais importante é o que ocorre com o ácido desoxiribonucleico (DNA). Se um dano ao DNA não for adequadamente reparado pelo sistema de defesa do organismo, a célula poderá morrer, deixar de se reproduzir ou, então, resultar modificada. Cada uma dessas possibilidades tem implicações completamente diferentes para o organismo vivo.

A função de muitos órgãos e tecidos dos organismos vivos não será afetada pela perda de pequeno ou mesmo, em alguns casos, de um número substancial de células. Entretanto, se o número de células perdidas num tecido for suficientemente grande e as células forem suficientemente importantes, ocorrerá um dano perceptível ou seja, a perda da função daquele tecido no organismo. A probabilidade de que esse dano venha a ocorrer é, praticamente, igual a zero para pequenas doses de radiação mas, acima de um determinado nível de dose, chamado de limiar, essa probabilidade aumenta abruptamente até 100 % e a severidade do dano também. Esse tipo de efeito danoso chama-se **efeito determinístico**, porque é certo que ele ocorrerá se a dose for suficientemente grande (ICRP, 1977; ICRP, 1991; UNSCEAR, 1993).

Se, em vez de morrer, a célula sofrer apenas uma modificação, os fatos serão muito diferentes. Ela poderá ser capaz de produzir clones de células filhas ou células filhas modificadas. O corpo possui mecanismo de defesa altamente eficaz contra esses efeitos mas não é realístico esperar que esse mecanismo seja totalmente efetivo o tempo todo. Assim, acredita-se que o clone de célula, produzido por uma célula somática modificada, pode causar, depois de um prolongado e variado tempo chamado de **período de latência**, uma condição maligna, um câncer. Nesse caso, o aumento da dose causa o aumento da probabilidade de ocorrência de um câncer mas não causa o aumento da severidade do câncer. Esse tipo de efeito chama-se **efeito estocástico**, o que significa “de natureza randômica ou estatística” (ICRP, 1977; ICRP, 1991; UNSCEAR, 1993).

Se o dano ocorrer numa célula das gônadas, cuja função é transmitir informações genéticas às próximas gerações, os efeitos, que podem ser de diferentes tipos e severidades, poderão ocorrer nos filhos da pessoa exposta. Esse tipo de efeito estocástico é chamado de **efeito hereditário**. Mesmo que as doses sejam conhecidas, o excesso de casos de câncer ou de desordem hereditária causados pela radiação só pode ser avaliado estatisticamente e, por isso, os indivíduos especificamente afetados nunca podem ser identificados (UNSCEAR, 1993).

Vale a pena ressaltar que as doses de radiação capazes de causar efeitos determinísticos, recebidas pelos seres humanos em seu dia-a-dia, só se verificam em casos de acidentes nucleares ou radioativos sérios e pela irradiação de tecidos vivos nas aplicações de radioterapia.

A maioria dos trabalhos na área de radiobiologia, nos últimos anos, tem se dedicado a estudar os efeitos estocásticos. As fontes mais relevantes de informações sobre os efeitos biológicos da radiação são aqueles grupos de população humana expostos a quantidades conhecidas, porém de diferentes intensidades de radiação, como por exemplo: empregados de fábricas ou minas que processam materiais radioativos; população que mora perto de uma fábrica, ou mina de material radioativo; e, pessoas expostas ao radônio em suas casas. O estudo comparativo da saúde de tais grupos é conhecido como **epidemiologia**, que é uma área de conhecimento que faz uso conjunto de conhecimentos médico e matemático, que procura, com o auxílio dos conhecimentos biológicos e biofísicos, teóricos e práticos, obter relações quantitativas entre dose e probabilidade de ocorrência de um câncer.

Os efeitos da radiação para doses e taxas de doses elevadas são razoavelmente documentados. A exposição do corpo humano a doses elevadas num curto período acarreta a morte da pessoa exposta depois de alguns dias. Muito desse conhecimento foi adquirido em estudos sobre os sobreviventes de Hiroshima e Nagasaki, no Japão.

Outros efeitos, especialmente o câncer, são realmente detectáveis e ocorrem mais freqüentemente naqueles que tomam doses moderadas. Para doses menores e taxas de doses pequenas, há um grau de recuperação das células e tecidos. Nesses casos, ainda há considerável incerteza sobre os efeitos totais. Presume-se que a exposição à radiação, mesmo ao nível de radiação natural de fundo, pode envolver algum risco adicional de câncer. Entretanto, isto ainda não foi estabelecido cientificamente. Para se determinar precisamente o risco das baixas doses através de estudos epidemiológicos seria necessário observar milhões de pessoas expostas a níveis

de doses maiores e menores. Tal análise seria complicada pela ausência de um grupo de controle que não tivesse sido exposto a qualquer tipo de radiação ionizante. Além disso, há inúmeros agentes em nosso dia-a-dia, além da radiação, que também podem causar câncer, incluindo-se luz ultravioleta, poeira de amianto, venenos químicos, toxinas de fungos em alimentos, viroses e mesmo o calor. Somente em casos excepcionais é possível identificar de modo conclusivo a causa de um câncer particular.

Há também evidências experimentais obtidas em estudos com animais, de que a radiação pode causar efeitos genéticos. Entretanto, em seres humanos, de acordo com estudos feitos sobre os sobreviventes das cidades de Hiroshima e Nagasaki, não se comprovou indicação alguma nesse sentido. Se houver qualquer efeito hereditário devido à exposição a baixos níveis de radiação, isto só poderá ser detectado através de análises cuidadosas de um grande número de dados estatísticos. Porém, eles teriam de ser distinguidos daqueles ocasionados por outros agentes que podem também causar desordem genética mas, cujo efeito pode não ser percebido, até que o dano tenha ocorrido. Todo o conhecimento até agora coletado sobre os efeitos da radiação, ainda não é considerado suficiente para permitir uma conclusão definitiva se, e como, a taxa de radiação natural de fundo acarreta risco à saúde.

### **1.3. Princípios de Radioproteção**

O objetivo da radioproteção é proteger o indivíduo, seus descendentes e a humanidade como um todo, dos efeitos danosos das radiações ionizantes, permitindo o desenvolvimento seguro das atividades necessárias que utilizam esse tipo de radiação. Isto é feito pela prevenção da ocorrência dos efeitos determinísticos e pela redução dos riscos dos efeitos estocásticos até um nível mínimo aceitável. Para atingir esse objetivo, qualquer atividade que utiliza material radioativo deve passar por um processo de licenciamento que segue três princípios básicos:

- **Justificação** - o uso de material radioativo, seja na indústria nuclear ou em outros ramos industriais cuja matéria prima ou processo contenha espécies radioativas naturais, deve trazer um benefício líquido para a sociedade.

- **Otimização ou Alara (*As Low as Reasonable Achievable*)** - qualquer exposição à radiação ionizante, seja ela ocupacional ou pública, deve ser mantida em valor tão baixo quanto razoavelmente exequível, levando em conta os aspectos econômicos e sociais.
- **Limitação de dose** - todas as exposições devem ser mantidas abaixo de limites de dose definidos em lei.

Este sistema estabelece limites primários anuais de dose equivalente efetiva para o trabalhador e para o público.<sup>6</sup> Os limites primários anuais de dose equivalente efetiva para o corpo inteiro adotados no Brasil são 50 mSv/ano para o trabalhador e 1 mSv/ano para pessoas do público (CNEN, 1988).

Em termos práticos, o que se faz é a estimativa de dose efetiva a que o trabalhador ou o público poderá estar sujeito devido a uma determinada prática.<sup>7</sup> Caso a dose calculada esteja acima dos limites permitidos, a prática deverá se desenvolver sob preceitos da radioproteção de modo a limitar o potencial adicional de dose aos níveis estabelecidos. Esta dose é a soma das doses externa e interna.

No caso das atividades terem se iniciado antes da existência de um sistema de licenciamento ou regulamentação, ou os limites se tornarem mais rígidos, aplica-se o princípio da intervenção, em que são exigidas ações para remediar, reduzir ou evitar exposições crônicas (IAEA, 1996).

A radioproteção serve de exemplo para outras disciplinas de segurança em dois aspectos únicos:

- Assume que qualquer nível de radiação produzida pelo homem, maior que a radiação natural de fundo, acarretará algum risco de dano à saúde.
- A radioproteção deve proteger as gerações futuras das atividades hoje desenvolvidas.

Alguns termos são convencionalmente usados na regulamentação da radioproteção e cujo significado deve ser compreendido. São eles:

---

<sup>6</sup> Entende-se por anual, o período dos últimos 12 meses.

<sup>7</sup> Práticas são atividades humanas que poderão aumentar a exposição à radiação de indivíduos ou estendê-la a novos indivíduos, quer pela introdução de novas fontes, quer pela modificação das vias de exposição.

- **Exclusão** - uma fonte é excluída de controle quando considera-se impossível submetê-las a esse controle, como é o caso das radiações cósmicas e do  $^{40}\text{K}$  existente dentro do corpo humano.<sup>8</sup>
- **Isenção** - um material radioativo é considerado isento de controle quando se considera que ele acarreta um aumento do risco tão insignificante, que seu controle seria um desperdício de recursos.
- **Liberação** - refere-se a materiais que eram controlados mas que foram liberados para uso irrestrito. Evidentemente, a liberação é feita após a descontaminação do material e mediante comprovação de que a quantidade de radionuclídeos que ainda resta nele está abaixo de determinados limites estabelecidos por lei.

#### 1.4. Estimativa de Dose

A dose recebida por um indivíduo ou grupo de indivíduos devido a uma prática, pode ser estimada através de modelos matemáticos, que procuram levar em conta as contribuições de todas as possíveis radiações a que o indivíduo ou grupo de indivíduos está submetido, em decorrência dessa prática.

Existem hoje vários tipos de modelos matemáticos, usados para diferentes situações, desenvolvidos por órgãos reguladores ou pesquisadores de diversos países, podendo eles ser genéricos ou específicos. Nos modelos genéricos, a escolha das fontes e a definição de como o homem vai estar exposto à elas, é feita pelo estabelecimento de um cenário. O cenário procura identificar os principais caminhos através dos quais a radiação de uma fonte pode atingir o homem. Chamam-se esses caminhos de **vias de exposição**.

A Figura 1.1 representa o esquema de um dos diversos modelos matemáticos usados para a estimativa de dose interna, para indivíduo do público, decorrente da operação de uma indústria extrativa de urânio, que lança ou depõe rejeitos no meio ambiente. Para estimar a dose de radiação interna, usando esse cenário, é necessário, primeiro, determinar a concentração de atividade ou atividade específica dos radionuclídeos de interesse nas matérias primas, nos resíduos e rejeitos depositos pela fábrica no solo, lançados na atmosfera e nos corpos de águas superficiais e

---

<sup>8</sup> O termo controle significa "sujeito a limitação ou restrição para uso".



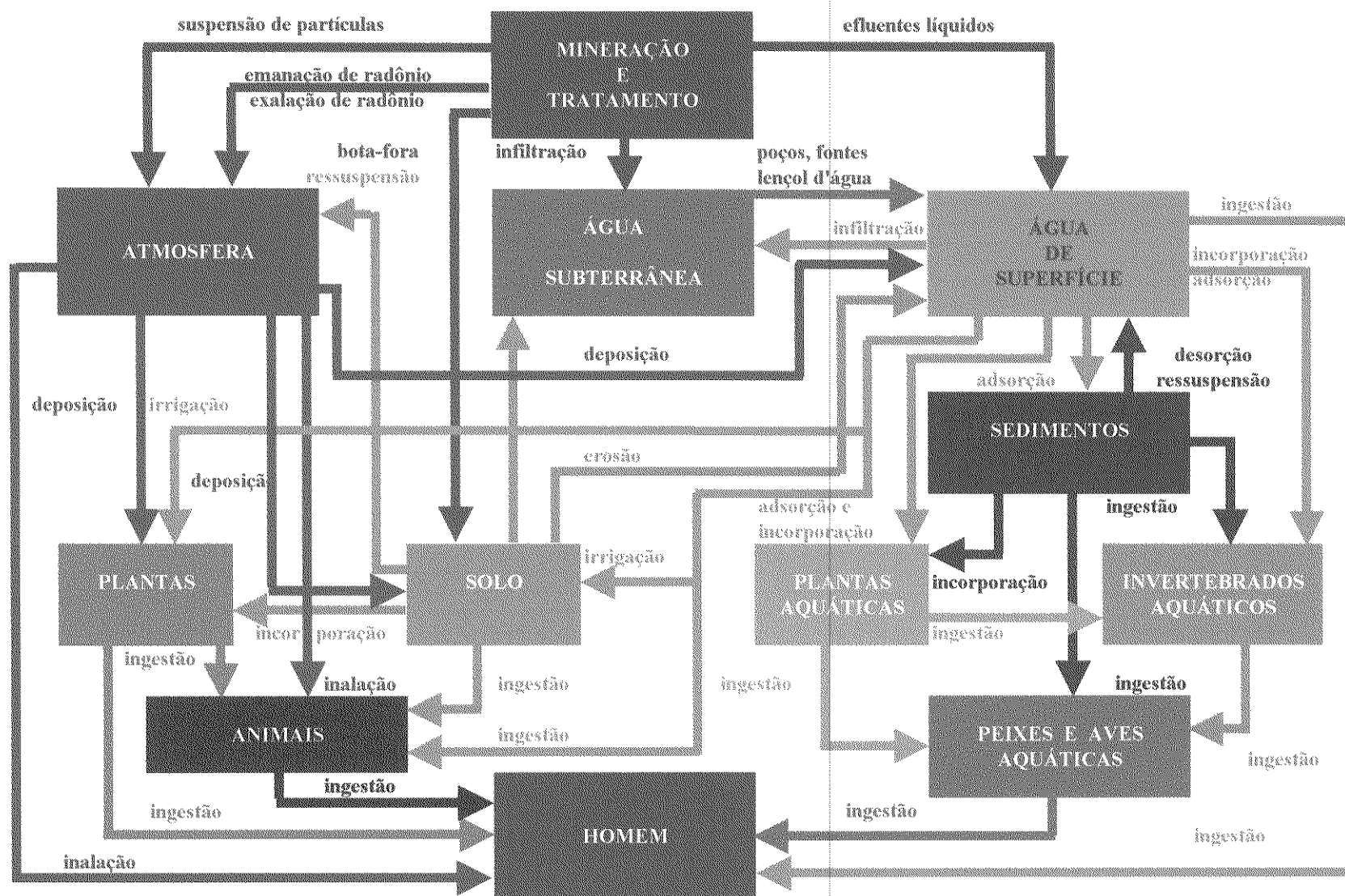
subterrâneos e transferidos para os alimentos e que poderão ser incorporados por inalação e ingestão durante a exposição.

A multiplicação da concentração de atividade incorporada por fatores de conversão adequados e pelos fatores de conversão de dose (FCD) irá resultar na dose equivalente efetiva devido a radiação interna. Os FCDs adotados podem ser consultados em tabelas e foram calculados com base em modelos de comportamento biocinético para cada radionuclídeo incorporado, no seu decaimento e na distribuição da energia depositada no organismo (IAEA, 1996).

Se nesta estimativa a dose individual estimada ultrapassar o valor de 1 mSv/ano, recomendado para pessoas do público, que representa algumas frações do valor de risco adotado pela ICRP que é de  $5.10^{-2}$  Sv/ano (ICRP 1977; 1991) as providências para diminuir a concentração de radionuclídeos no meio ambiente devem ser incrementadas. Para saber se isso está ocorrendo são necessárias monitorações e medidas da concentração de radionuclídeos e da radioatividade no ar, na água, no solo, em sedimentos e nos componentes da cadeia alimentar da região estudada. Cada seta da Figura 1.1 corresponde a uma equação matemática de cálculo de uma transferência ou adsorção ou incorporação de radionuclídeos e da estimativa de dose decorrente do fenômeno modelado. O somatório de todos os resultados será a dose estimada para aquela situação. De posse desses dados faz-se um cálculo inverso para definir os limites derivados, ou seja, as concentrações de radionuclídeos que são aceitas no ar, água, solo e na cadeia alimentar. Este raciocínio está representado na Figura 1.2.

Estima-se a dose externa a partir da determinação da taxa média de exposição à radiação gama em um determinado local, medida de acordo com procedimentos pré-estabelecidos. A multiplicação dessa taxa média pelo tempo de exposição anual e por fatores de conversão nos dará a dose equivalente efetiva devida à radiação externa.

Esses modelos matemáticos geralmente são bastante conservadores e necessitam de validação prática, podendo ser contestados em caso de confronto jurídico. Um exemplo de contestação foi apresentado pela indústria do fosfato da Flórida – EUA, que não concorda com alguns detalhes do cenário feito pela *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) para estimar a exposição do público devido à utilização de fosfogesso como material de base de pavimentos de estradas de rodagem e estacionamentos.



**Figura 1.1 Vias de Transferência de Radionuclídeos da Indústria do Urânio Para o Homem.**

Fonte: IAEA, 1982. Adaptado pelo Autor.

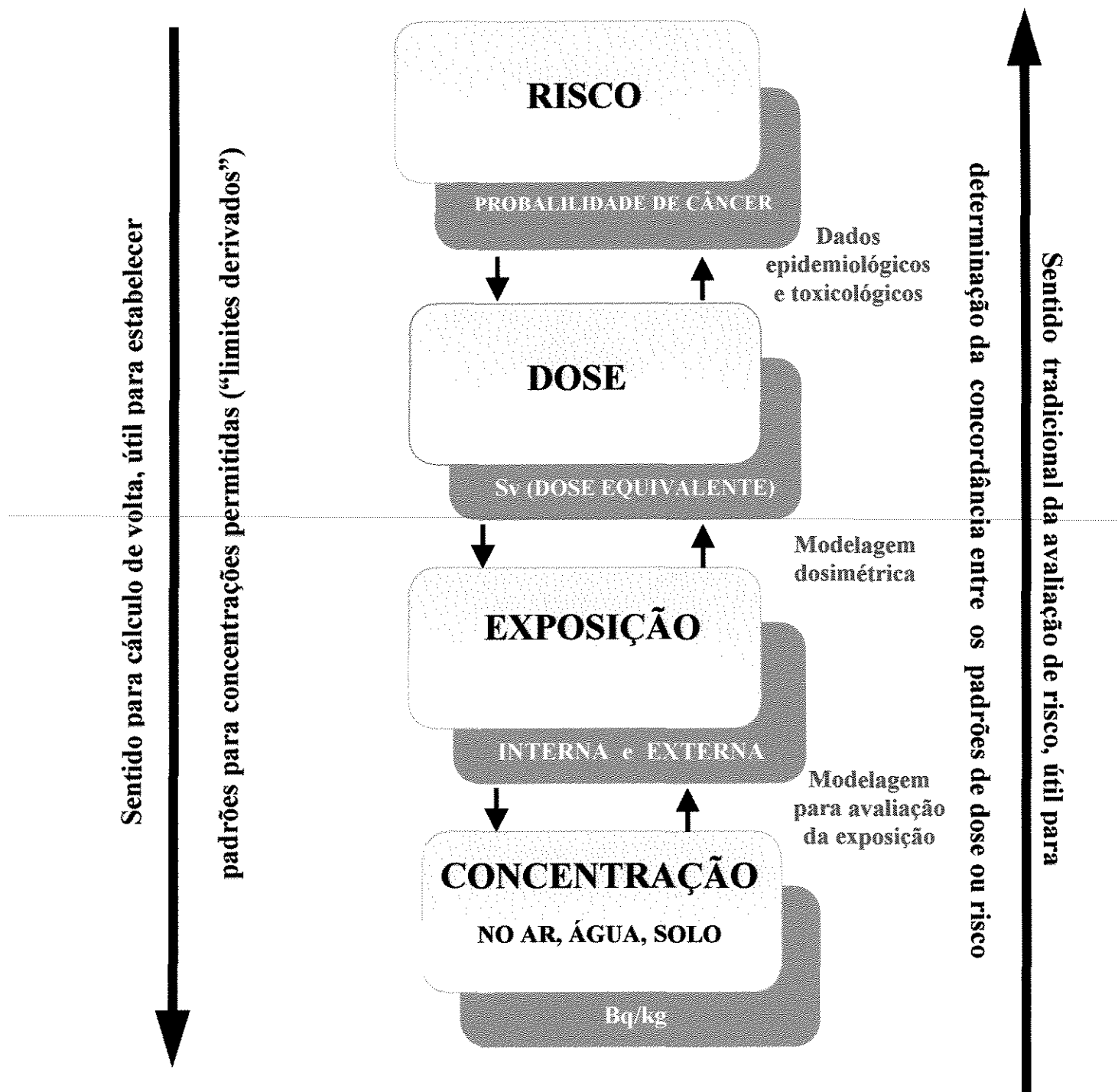


Figura 1.2.

**Relações entre Risco, Dose, Exposição e Concentração de Atividade de Radionuclídeos no Meio Ambiente.**

Fonte NRC, 1999. Adaptado pelo Autor

## 1.5. Efluentes e Rejeitos na Indústria do Urânio e seu Gerenciamento

Durante as etapas de lavra e tratamento do minério, a indústria de urânio produz efluentes líquidos e gasosos, aerossóis e resíduos, que devem ser adequadamente gerenciados para evitar a dispersão de espécies químicas que possam causar danos ao meio ambiente conforme representado na Figura 1.3.

As espécies químicas incluem metais pesados, ânions tóxicos e radionuclídeos naturais, que podem estar na forma de óxidos e sais, em suspensão, em solução ou na forma gasosa como o radônio, além da acidez e da alcalinidade. Quando a concentração de radionuclídeos estiver acima de limites estabelecidos em lei, os efluentes e resíduos podem ser considerados rejeitos radioativos.<sup>9</sup>

Os efluentes líquidos, gerados na extração do minério, quando a lavra atinge o lençol freático ou pelo acúmulo de água da chuva, chamam-se **água da mina** e o material sólido, retirado da mina nas fases de desenvolvimento e de lavra e que não é considerado minério, chama-se de **rejeito da mina**. Esses materiais são gerenciados de formas distintas dos efluentes líquidos gerados na usina de tratamento químico, chamados de **efluentes da usina** ou **rejeitos líquidos da usina** e dos resíduos gerados na usina, chamados de **rejeitos da usina** ou **rejeitos sólidos da usina**.

O rejeito da mina, chamado de **bota-fora**, é geralmente acumulado em pilhas, em locais próximos da mina ou até mesmo dentro da cava da mina a céu aberto ou no poço da mina subterrânea. A água da mina é geralmente desviada para uma trincheira, visando deixar seca a frente de lavra, e pode ser descartada para o meio ambiente, sem tratamento prévio ou após tratamento, ser usada para irrigar vias de acesso, diminuindo a poeira levantada por veículos em circulação, na execução de furos de sondagem e de instalação de explosivos, no desmonte de rochas da frente de lavra e também como água de processo da instalação como um todo.

Os efluentes e rejeitos da usina têm gerenciamentos específicos. Os gases e aerossóis podem ser filtrados a seco ou lavados com água para a retirada de acidez ou alcalinidade, sólidos em suspensão, líquidos arrastados e sais dissolvidos. Depois de limpos, são dispersos na atmosfera. Os filtros são periodicamente lavados com água.

---

<sup>9</sup> Rejeito Radioativo - qualquer material resultante de atividades humanas que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção e para o qual a reutilização é imprópria ou não previsível (Norma CNEN – NE - 6.02 – Licenciamento de Instalações Radioativas)

As lamas e soluções produzidas nas lavagens são enviadas para a estação de tratamento de rejeitos onde são neutralizadas ou têm seu pH ajustado para o valor definido para descarte. Depois são enviadas para o local de deposição de rejeitos.<sup>10</sup> Os líquidos, soluções e resíduos produzidos na usina, são também transferidos para a estação de tratamento de rejeitos, passando pelo mesmo processo.

A deposição de rejeitos tem sido feita de diferentes maneiras. Umas, com mínimos recursos de engenharia, como o lançamento em lagoas, vales ou depressões naturais, em barragens construídas com o material sólido do rejeito, na cava ou no poço da mina. Outras, com maiores recursos de engenharia, como barragens construídas com material emprestado na região, reforçadas e com vertedouros em concreto armado, chicanas e bacias de segurança para pós-tratamento e decantação de lamas produzidas e sólidos arrastados e coleta de drenagem de água percolada pela barragem, impermeabilizadas com material natural ou artificial para impedir a infiltração de soluções líquidas.

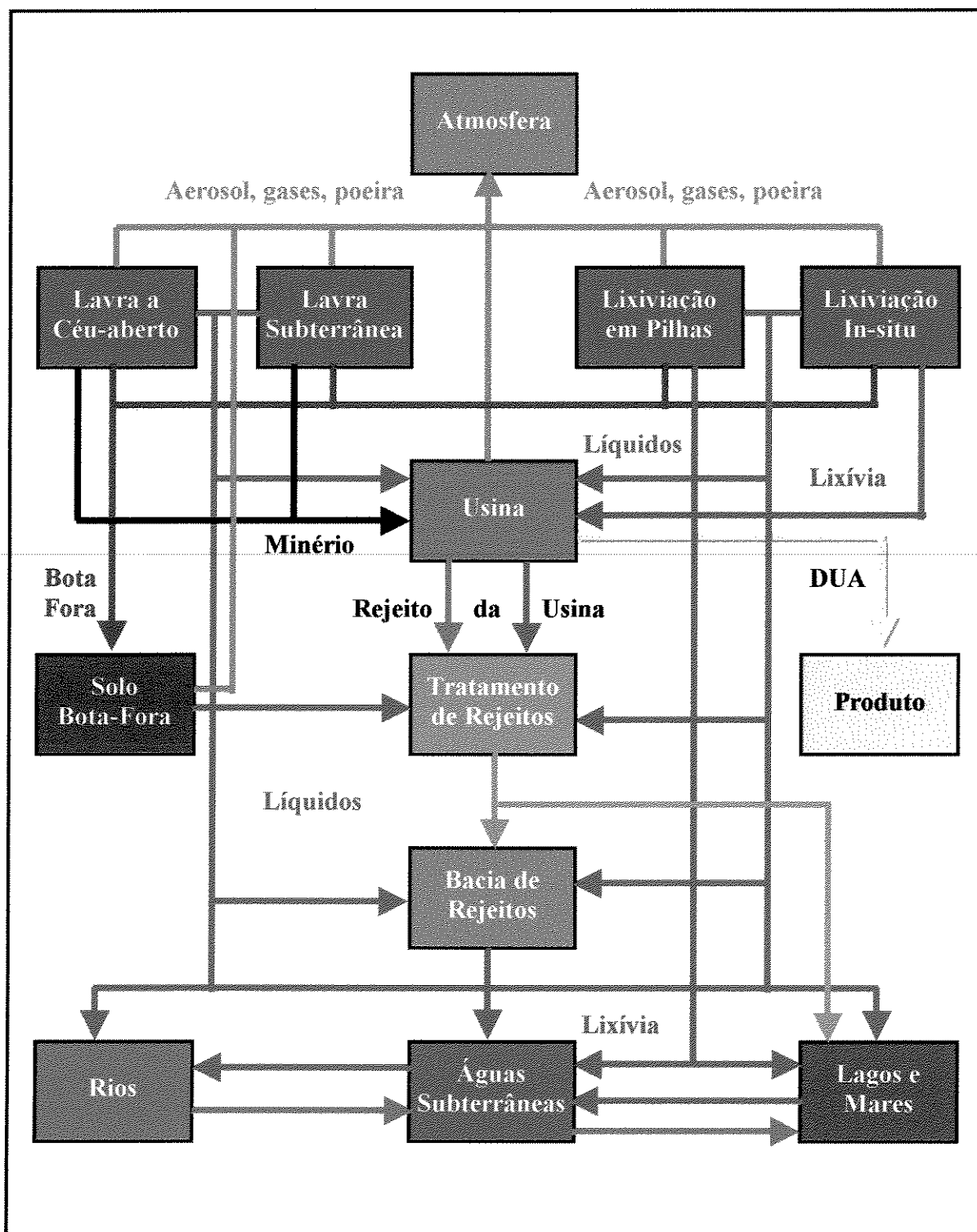
Até alguns anos atrás essas barragens eram construídas aproveitando-se vales naturais; hoje em dia é dada preferência para construção em locais planos e elevados e com lençol freático profundo. Uma outra alternativa bastante usada em locais onde a taxa de evaporação é elevada é a transferência dos rejeitos líquidos para bacias de evaporação, estanques, construídas a montante ou dentro da bacia de rejeitos. Nas bacias de rejeitos ocorre a decantação dos sólidos que ficam retidos, recobertos ou não com lâmina d'água, e os líquidos são descartados para o meio ambiente livres de sólidos em suspensão, neutros e com concentração de metais, radionuclídeos e ânions tóxicos abaixo de limites estabelecidos em lei. Em regiões desérticas os rejeitos depositos acabam por secar.

Após o encerramento das atividades da mina e/ou usina temos a etapa de desmontagem e remediação.<sup>11</sup> Nestas etapas são gerados mais resíduos e efluentes. No caso da indústria de urânio têm-se no final os seguintes rejeitos: material rochoso retirado para acesso ao corpo mineralizado; material rochoso contendo urânio abaixo do teor econômico da lavra; rejeitos da mina e do processo de tratamento físico; água da mina e lamas de água de chuva; rejeitos da usina; entulho de materiais de construção contaminados, ferro velho, solo da área da usina e da área da bacia de rejeitos; água, lamas e precipitados das bacias de evaporação e, no caso de existir drenagem ácida, lamas e precipitados do tratamento das águas ácidas drenadas da mina, bota-foras e bacia de rejeitos.

---

<sup>10</sup> Deposição – colocação de rejeitos radioativos em local determinado pela CNEN, sem a intenção de removê-los (Norma CNEN – NE – 3.01 – Diretrizes Básicas de Radioproteção).

<sup>11</sup> Nesta tese adotou-se o termo remediação de acordo com a definição apresentada na seção 1.8.



**Figura 1.3. Principais Vias de Dispersão de Rejeitos da Indústria de Mineração de Urânio para o Meio Ambiente**

## 1.6. O Risco Radiológico da Mineração de Urânio

O risco radiológico potencial da mineração de urânio para a saúde do público decorre do fato de que um grande volume da rocha que hospeda a mineralização de urânio é removido do subsolo e depositado sobre a superfície do solo. Além disso, o minério é submetido a cominuição (britagem e moagem) e a tratamento químico, o que aumenta a exposição dos minerais e a mobilidade dos radionuclídeos no meio ambiente.

Além do urânio, o minério pode conter todos os radionuclídeos da sua série de decaimento os quais, em princípio, estão em equilíbrio, ou seja, todos têm a mesma concentração de atividade, além dos radionuclídeos das séries do  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$  (vide Apêndice A). Na lavra, cominuição e tratamento químico, este equilíbrio é quebrado pela liberação do radônio preso na rocha e pela lixiviação de vários radionuclídeos. Para efeito de estimativa de dose devida aos rejeitos radioativos da mineração do urânio, é importante considerar a quantidade de urânio que sobrou no rejeito, a quantidade de  $^{230}\text{Th}$ , um de seus produtos de decaimento, a de  $^{226}\text{Ra}$  mais a de  $^{222}\text{Rn}$  e seus produtos de decaimento. O processo segue a seguinte sequência: O urânio gera o  $^{230}\text{Th}$ , este gera o  $^{226}\text{Ra}$  que por sua vez gera o  $^{222}\text{Rn}$ . Embora o  $^{222}\text{Rn}$  tenha uma meia-vida de apenas 3,8 dias ele será continuamente gerado enquanto existir  $^{230}\text{Th}$  ou  $^{226}\text{Ra}$ , não havendo condições de se prever quando e quanto a liberação de radônio irá diminuir ao longo do tempo. Portanto, são consideradas impossíveis de se calcular as consequências das opções de estabilização de rejeitos a longo prazo (FRY, 1983). E esta é a razão da radioproteção sempre referir-se ao risco em potencial ou aos modos potenciais de impacto radiológico, cujas vias de transferência até o ser humano estão representadas na Figura 1.1.

Na mineração, as medidas que têm significado matemático para a estimativa de dose são a concentração de atividade de radionuclídeos de meia vida longa ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ) mais a taxa de exalação de  $^{222}\text{Rn}$  e a taxa de exposição à radiação gama na superfície. Uma outra característica dos rejeitos da indústria de urânio é que as suas concentrações são geralmente baixas, mas as suas quantidades são enormes.

Em resumo, o gerenciamento de rejeitos, adequado para a operação e fechamento da indústria do urânio objetivaria a estabilização física e química desses rejeitos, impedindo a dispersão de radionuclídeos para o meio ambiente por qualquer motivo e a blindagem da radiação gama por barreiras

de absorção.<sup>12</sup> Esse gerenciamento deverá ser feito a curto, médio e longo prazo. Como esse objetivo é impossível de se atingir ou prever, trabalha-se dentro de princípios que levam em conta uma constante otimização da proteção radiológica representada pelo princípio Alara.

### 1.7. O Gerenciamento da Atividade Mineral e a Sociedade

Estudiosos das relações entre a indústria mineral e a sociedade durante o final do século XX concluem, invariavelmente, que tem havido uma grande ênfase na agenda ambiental e um domínio do interesse econômico, em detrimento dos aspectos sociais. Analisando as relações entre a indústria mineral e a agenda ambiental, KHANNA (1999) elabora o seguinte diagnóstico: *“A opinião pública tem se voltado contra aquelas companhias que se mostram incapazes de mostrar que estão praticando um gerenciamento ambiental responsável”*. As pressões sobre a indústria mineral para que coloquem em ação “boas práticas ambientais”, nunca foram tão fortes. Há inúmeras instituições influenciando as empresas de mineração sobre como elas devem adotar as novas exigências, destacando-se: organizações ambientalistas, tais como *Minewatch*, *Greenpeace*, *Friends of the Earth*, *Mineral Policy Centre*, as quais têm uma atitude geralmente crítica para com a mineração; organismos multilaterais governamentais tais como Banco Mundial, Programa Ambiental da Organização das Nações Unidas e associações empresariais como o Conselho Internacional sobre Metais e o Meio Ambiente (ICME), que possuem guias de procedimento para a indústria mineral; governos nacionais, responsáveis por regulamentos e pelo seu cumprimento; associações de empresas mineradoras que adotam códigos de conduta e dão assistência para que seus membros melhorem seus desempenhos ambientais, sociais e econômicos; e a mídia, cujas coberturas dos “desastres das minerações” podem ser alarmantes e chamar rapidamente a atenção do público.

O Banco Mundial, ao tratar dos impactos adversos da indústria mineral que devem ser mitigados, vai além daqueles relacionados ao aspecto ambiental e inclui os sociais e econômicos. Para esse organismo, os principais impactos negativos da mineração são os seguintes:

---

<sup>12</sup> Gerência de rejeitos radioativos – conjunto de atividades administrativas e técnicas envolvidas na coleta, segregação, manuseio, tratamento, acondicionamento, transporte, armazenamento, controle e deposição de rejeitos radioativos (Norma CNEN – NE – 1.13 – Licenciamento de Minas e Usinas de Tratamento de Urânio e/ou Tório).



- **na área ambiental** – consumo e poluição das águas, mal gerenciamento de rejeitos, ruído, poeira e movimentação de terra, que afetam os grupos sociais mais pobres e mais vulneráveis e que possuem menor mobilidade ou menos meios para mitigar os impactos adversos;
- **nas áreas de saúde e desenvolvimento humano** - alta prevalência de Aids e outras doenças transmissíveis entre os mineiros e seus familiares, acidentes de trabalho e câncer do pulmão, que reduzem a expectativa de vida dos mineiros, deixando suas famílias em situação precária;
- **aspectos relacionados à governabilidade, gerenciamento macroeconômico e corrupção** – nem todo país rico em recursos minerais providencia um programa atrativo para o investimento estrangeiro, a fim de alavancar as oportunidades decorrentes da arrecadação de impostos. Empresas de mineração, particularmente as estatais, nem sempre são gerenciadas com eficácia e eficiência operacional e financeira. As consequências de mal gerenciamento macroeconômico podem ser mais agudas nos países de economias mineiras. A presença da mineração pode inflar os preços e salários e manter a taxa de câmbio alta, o que pode impedir que outros setores como, por exemplo, o agrícola, possam ser competitivos internacionalmente e exportar seus produtos. Os custos do mal gerenciamento macroeconômico são altos, uma vez que o Governo depende bastante dos impostos sobre a mineração, que utiliza um recurso natural não renovável;
- **impactos sócio-culturais** – afetando o bem-estar da população local com conflitos gerados por atividades de mineração em áreas rurais e pouco habitadas;
- **impactos sobre o desenvolvimento econômico** – os salários mais elevados dos empregados da mineração podem levar ao aumento dos preços locais, penalizando a população pobre que não trabalha na mina e que não tem acesso aos serviços;
- **barreiras à reestruturação econômica e ao fechamento da mina** – as grandes perdas de um Estado proprietário de minas têm sido barreira significativa para uma reestruturação e recuperação de economias frágeis. O fechamento de minas não econômicas tem aumentado a pobreza, especialmente em países de economia mono-industrial e em regiões dependentes de mineração. Verifica-se também a queda do número de empregos na região e a queda e interrupção de fornecimento de bens e serviços públicos essenciais à população e que estavam a cargo da empresa mineradora, tais como a água e o transporte (BANCO MUNDIAL, 2001).

CROWSON (1998), em reunião promovida pelo Conselho Internacional sobre Metais e o Meio Ambiente, com o objetivo de definir possíveis indicadores para a medida do desenvolvimento

sustentável no setor mineral, pondera que a maioria das discussões sobre mineração e desenvolvimento sustentável está concentrada excessivamente sobre questões ambientais, deixando de incluir outros aspectos do desenvolvimento, como:

- **a hierarquia geográfica** – dado que as realidades locais são muito diferentes dos interesses regionais e nacionais. Os principais assuntos que ocupam o discurso global sobre o meio ambiente, mudanças climáticas e efeito estufa, são muito diferentes dos temores da população local. Além disso, alguns grupos locais sofrerão com qualquer tipo de desenvolvimento;
- **a interferência do uso final *continuum*** – dado que, freqüentemente, verifica-se maior ênfase da preocupação ambiental com a poluição causada pelos processos que se seguem à mineração, ou pelos sub-produtos deles do que com o produto primário. Ou seja, a indústria mineral propriamente dita tem sido diretamente responsabilizada pela maneira com que seus produtos serão utilizados;
- **as permutas entre desenvolvimento e meio ambiente** – dado que, numa generalização bastante ampla, os fatores relacionados ao desenvolvimento tornam-se relativamente mais importantes nas esferas global, internacional e nacional. Em contraste, os assuntos ambientais tornam-se mais importantes ao nível do local da operação.

CROWSON (op.cit) apresenta também críticas a alguns procedimentos adotados na abordagem das relações entre a indústria mineral e a sociedade. Para ele, grande parte do enfoque social contemporâneo está no impacto da mineração sobre os povos indígenas e modos de vida tradicional em países em desenvolvimento e áreas remotas, havendo, em tais casos, uma tentação para se colocar muito da responsabilidade sobre os ombros dos proprietários das minas, especialmente aquelas relacionadas aos aspectos sociais. O ponto de partida para o estabelecimento de indicadores locais deve ser a premissa de que a função primordial das empresas de mineração é desenvolver os depósitos minerais de forma competente e eficiente e maximizar o lucro a longo prazo, dentro das regras estabelecidas pela sociedade. Muitos esperam que as empresas substituam o Governo em muitas funções, tanto na esfera nacional ou local, julgando-as de acordo com esses valores. As empresas de mineração nunca devem se apropriar do papel do Governo, seja consciente ou inconscientemente, repetindo o modelo paternalista como uma resposta fácil para seus problemas imediatos.

Um outro aspecto levantado pelo citado autor é que a mineração é visivelmente intrusiva e normalmente causa impactos estritamente localizados no local usado. Seu impacto adverso é freqüentemente temporário, atingindo no máximo algumas gerações, embora a paisagem seja

comumente alterada de maneira permanente. Sob este aspecto considera a mineração pouco diferente da maioria das atividades econômicas, comparável a uma nova estrada, uma hidroelétrica ou a uma floresta cultivada. Ressalta porém, que a saúde e a qualidade de vida da população próxima ao empreendimento é importante para uma mineradora que queira tornar-se um agente aceito e de valor para a comunidade local.

Por fim, destaca também que é muito mais fácil medir o desempenho de uma nova mina do que aquela que está há muito tempo num lugar, devido à prática, moderna e melhor, que exige estudos aprofundados do meio ambiente e da comunidade local antes do início do desenvolvimento da mina. Os impactos da mineração sobre aspectos relevantes podem, portanto, ser medidos com razoável precisão e mesmo a falta de estudos para as minas antigas não altera a natureza do desempenho dos indicadores.

Os diferentes levantamentos e conceituações sobre o impacto da mineração sobre o meio antrópico apresentadas por autores nacionais (SÁNCHEZ, 1995; CAVALCANTI, 1996), dividem esses impactos em sociais, econômicos e culturais. Os impactos sócio-econômicos da indústria mineral são bastante estudados na literatura, existindo no Brasil diversos pesquisadores que tratam do assunto, analisando as questões jurídico-institucionais, as práticas de gestão ambiental das empresas públicas e privadas, a ação das agências reguladoras, diagnosticando as causas de acidentes e crises, mostrando caminhos e dando sugestões para a compatibilização entre o interesse econômico do empreendimento mineral e o interesse público de um desenvolvimento sustentável. Uma visão do pensamento e dos instrumentos para a gestão ambiental foi apresentada no Curso de Formação em Aspectos Geológicos de Proteção Ambiental, ministrado no Instituto de Geociências da Unicamp (REPETTO e KAREZ, 1995).

Quanto aos impactos sociais, os estudiosos não incluíram em suas propostas uma situação que é característica da tecnologia nuclear, o medo que as pessoas têm do desconhecido e que leva a população a aceitar afirmações às vezes absurdas e outras vezes repetitivas, sem que os órgãos governamentais envolvidos consigam passar para a população uma sensação de segurança para que levem a vida de maneira normal.

Analisando a nova ordem econômica mundial na última década do século XX, COSTA (2000) aponta a consolidação dos valores ambientais como a mudança que teve o maior impacto na indústria mineral, prevê que esse processo está longe de concluído e prevê que a recente

emergência de valores sócio-culturais pode ter, no futuro, um maior impacto que os valores ambientais.

Recentemente, a idéia de complementar o relatório de impacto ambiental com estudos de impacto social tem tomado força<sup>13</sup>. A *Australian Environment Protection Agency* (AEPA) adota a seguinte definição de impacto social (THE REPORT, 1997): “*Todas as mudanças na estrutura e funcionamento de uma ordem social padronizada que ocorrem em conjunção com, ou como um resultado de, uma inovação ou alteração ambiental, tecnológica ou social*”. Essas mudanças seriam sobre o modo de vida das pessoas (como elas vivem, trabalham, se divertem e interagem), suas tradições culturais (crenças, costumes e valores compartilhados) e suas comunidades (sua estrutura populacional, coesão, estabilidade e personalidade).

De acordo com o citado relatório, os impactos sociais não ocorrem como consequência somente dos projetos de desenvolvimento, mas também como resultado de mudanças políticas ou pela implementação de um programa ou plano. A avaliação dos impactos sociais determina as mudanças prováveis de ocorrerem como resultado direto de determinado fato social.

Os impactos sociais podem ser categorizados grosseiramente como:

- **Impactos Quantitativamente Mensuráveis**, como mudanças na população, ou efeitos sobre oportunidades de emprego; e
- **Impactos Não Quantitativamente Mensuráveis**, que não podem ser medidos com as técnicas e meios científicos usados para a medida dos anteriores, como efeitos sobre as relações sociais, impactos sobre atitudes psicológicas, ou coesão de comunidades.

Além disso, eles podem afetar as pessoas de modos diferentes, com efeitos caindo igualmente e desigualmente sobre diferentes segmentos da população, num período particular ou em diferentes períodos.

---

<sup>13</sup> Impacto ambiental – é toda alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que, direta ou indiretamente, afetem: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (Resolução Conama nº 001/86 de 23/ 01/1986. Artigo 1º).

BITAR (1997) investiga os fatores que tendem a influenciar a ocorrência de externalidades, alterações ambientais, conflitos motivados pela disputa cada vez mais acirrada pelo espaço urbano, depreciação de imóveis circunvizinhos, transtornos ao tráfego urbano, geração de área degradada com formação de lagoas por invasão de águas de superfície e sub-superfície, assoreamento, ocupação desordenada, irregular e clandestina de áreas degradadas como depósitos de lixo e resíduos perigosos e por invasões de pessoas de baixa renda, devido ao aproveitamento dos recursos minerais na Região Metropolitana da Grande São Paulo. Os fatores estudados, tanto no âmbito interno como no externo à mineração, incluíam a avaliação dos procedimentos técnicos e gerenciais praticados pelas empresas e os aspectos legais, políticos, institucionais e administrativos resultantes da ação do poder público que levaram ao conjunto de efeitos indesejados. Dessa forma, chegou à seguinte conclusão: o conceito de recuperação ambiental, que visava restabelecer as condições originais do terreno, tem dado lugar a busca de situações em que o impacto ambiental seja efetivamente corrigido e que a estabilidade e a sustentabilidade do ambiente sejam asseguradas. As alternativas são processos que visam a estabilidade em relação ao meio ou o uso planejado do solo em conformidade com as condições ambientais e culturais da circunvizinhança. É notável a ausência de política pública específica para a recuperação de áreas degradadas no país, seja ao nível federal, estadual ou metropolitano e é evidente o esgotamento do modelo de administração centralizada da mineração no país, estabelecido no âmbito federal. As tentativas de atuação através de convênios entre agências federal, estadual e municipal não se sustentaram; esses condicionantes levam a pouca participação pública; há falta de legislação sobre a participação pública na decisão de uso futuro do terreno; há uma violenta dissociação entre as medidas praticadas e aquelas preconizadas nos planos de recuperação elaborados pelas empresas de mineração; a maior parte dos trabalhos é de medidas restritas e revegetação, visando em especial atenuar o impacto visual gerado; as medidas paliativas e as efetivas têm apresentado resultados incipientes com desempenho irregular e insatisfatório.

HERRMANN (1995) realiza abrangente análise das questões jurídico-institucionais das atividades de mineração, com objetivos de: resgatar a importância da mineração e seus principais impactos; demonstrar a possibilidade de compatibilização entre a mineração e os interesses difusos da sociedade; sugerir modificações jurídico-institucionais; ressaltar a importância do desenvolvimento sustentável, alertando que o ecodesenvolvimento só é possível com mudanças econômicas estruturais abrangentes; e, mostrar que as políticas públicas voltadas para o setor mineral e a sua adequação às

normas protetoras do meio ambiente resultaram em concepções jurídicas opostas e que se inverteram ao longo do tempo. Conclui que há uma distância enorme entre a consciência dos indivíduos ou de grupos sociais e as hipóteses teóricas presentes nos discursos dos órgãos estatais e das entidades não governamentais e que a legislação nacional é avançada mas há ineficiência em sua aplicação.

O conflito que existe entre atividades econômicas e o meio ambiente na área de mineração é mais ideológico do que pragmático, posto que as compatibilizações necessárias são perfeitamente possíveis, a baixo custo, quando realizadas simultaneamente ao desenvolvimento da atividade. É preciso pensar que as restrições estabelecidas e os custos que isso representa para o setor devem ser entendidos não como um ônus adicional, mas como incentivos a serem usufruídos a médio e longo prazos, pois a adequação do minerador às exigências propostas garantem uma vida útil mais dilatada e segura para o empreendimento mineiro.

SÁNCHEZ (1998) analisa o passivo ambiental da desativação de empreendimentos industriais, fazendo um levantamento criterioso dos problemas sócio-econômicos, políticas de gestão e instrumentos de ação para mitigação, partindo do conceito de que *“passivo ambiental é o acúmulo de danos ambientais que devem ser reparados a fim de que seja mantida a qualidade ambiental de um determinado local. Por exemplo, ao se abrir uma mina é preciso remover a vegetação e o solo, realizar escavações e depositar resíduos a céu aberto. Os danos ambientais vão aumentando conforme a mina vai sendo explorada, mas se as áreas degradadas forem progressivamente recuperadas, o dano acumulado vai sendo concomitantemente reduzido. A noção de passivo ambiental, que foi tomada emprestada das ciências contábeis, representa, num primeiro momento, o valor monetário necessário para reparar os danos ambientais. Desta forma, podemos incluir o custo estimado dessa reparação nos balanços financeiros das empresas e nas avaliações de viabilidade econômica de novos projetos. O conceito ganhou notoriedade recentemente, a partir do momento em que os custos de reparação dos danos ambientais passou a ser levado em conta no cálculo do valor de uma empresa para efeitos de sua venda, privatização ou fusão com outra companhia. Entretanto, o termo passivo ambiental é com frequência empregado sem sentido monetário, para conotar o acúmulo de danos infligidos ao meio natural por uma determinada atividade ou pelo conjunto das ações humanas, danos esses que muitas vezes não podem ser avaliados economicamente. Representa, num sentido figurado, uma “dívida” para com as gerações futuras. Representa também uma externalização de custos, que ocorre quando um determinado agente econômico imputa a outros*

*agentes (externos) custos adicionais. Um exemplo clássico de externalidade negativa é o sobrecusto do tratamento da água captada em um rio a jusante de um local de lançamento de efluentes líquidos nesse rio. No estudo comentado, o termo passivo ambiental é empregado num sentido amplo, não se reduzindo àquilo que é contabilizável”.*

Visando verificar o distanciamento entre os conceitos teóricos da sustentabilidade e a prática desenvolvida na indústria mineral, considerando os componentes ambiental, econômico e social, CAVALCANTI (1996) apresenta uma revisão aprofundada do referencial teórico da sustentabilidade e o exame da prática realizada pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) em 4 minas de sua propriedade. A autora constata a fragilidade do fator social frente ao ambiental e o econômico o que considera um impedimento para se atingir uma situação ideal de justiça e equidade social segundo a qual o poder econômico contribuiria espontaneamente para o desenvolvimento sustentável. Conclui também que a empresa não possui um programa de gestão ambiental institucionalizado ao nível da corporação, com sua atuação variando de uma mina para outra e que, os instrumentos de política ambiental disponíveis pelo Estado, assim como a legislação ambiental, não são suficientes, nem tampouco eficazes, para induzir o comprometimento da empresa, com relação ao meio ambiente.

SINTONI (1994) apresenta uma breve mas contundente análise das relações entre a mineração e o meio ambiente, de onde destacamos a seguinte conclusão: *“A preocupação com o meio ambiente, embora não literalmente expressa, sempre esteve presente na legislação regulamentadora da mineração. A análise dos sucessivos códigos de mineração do Brasil permite selecionar uma lista de obrigações. Infelizmente, a análise do desenvolvimento da indústria de mineração também permite verificar que a acomodação dos empresários do setor às regras econômicas, aliadas ao descaso dos órgãos controladores, fizeram com que essas obrigações deixassem de ser cumpridas sem qualquer penalidade”*. O autor destaca que a Constituição de 1988 e toda legislação subsequente que afeta a mineração passaram a trazer explícita (e não implicitamente, como no Código de Mineração) a preocupação com o meio ambiente e aponta também um ponto fundamental quando afirma que *“embora a questão ambiental deva ser dirigida para a conscientização, para a educação e para a busca de soluções técnicas ou alternativas tecnológicas para o problema específico, o que se verifica é que os diversos segmentos da sociedade agem segundo seus próprios pontos de vista e se amparam nas leis, sem a preocupação com uma visão sistêmica e mais globalizante. Assim, na análise dos*

*empreendimentos, enquanto os organismos controladores dos direitos minerários pautam-se pelos aspectos puramente econômicos, os organismos controladores do meio ambiente chegam a criar barreiras ao desenvolvimento via regulamentações ambientais”.*

Em análise dos procedimentos de licenciamento ambiental federal no Brasil, ROSADO (2000) enfatiza a necessidade de se implementar uma gestão ambiental com maior participação da sociedade e do setor produtivo no processo decisório dos empreendimentos e atividades de controle ambiental em geral, visando melhorar o controle da qualidade ambiental e a conservação dos recursos naturais e aponta os seguintes problemas e avanços do licenciamento ambiental federal: a ausência de procedimentos técnicos e administrativos definidos – não há normas específicas e adequadas para as diversas tipologias e portes dos empreendimentos, levando a fazer exigência de EIA/RIMA para projetos que não precisaria; a morosidade no processo de licenciamento gerando muitos pareceres que não são finalizados em tempo hábil, causando atrasos nos cronogramas de licenciamento e muita reclamação por parte do empreendedor. ROSADO (op. cit), usando os resultados de consulta feita a representantes de instituições envolvidas no processo, faz uma análise aprofundada dos problemas e avanços do licenciamento ambiental federal decorrentes das dificuldades e procedimentos técnicos e administrativos dos órgãos reguladores, dos empreendedores, e de seus relacionamentos com os segmentos do poder executivo, legislativo, judiciário e ministério público. Aponta a baixa qualidade dos estudos ambientais apresentados, como causadora da morosidade e do aumento do custo do processo, por não considerarem as questões afeitas aos fatores econômicos; a participação pública pouco efetiva ao longo do processo de análise e que acaba acontecendo apenas nas audiências públicas; a quase inexistência de monitoramento e fiscalização efetivos e transparentes por parte do órgão licenciador também foram apontadas como dificuldades.

Diversos autores procuraram equacionar os custos ambientais no fluxo de caixa das empresas de mineração. RICKS (1995), considerando que o empreendimento mineral geralmente é de curta duração, defende a idéia de que as atividades a serem desenvolvidas após a desativação do empreendimento (remediação, descomissionamento) sejam feitas desde o início do empreendimento na forma de sistema de gerenciamento ambiental e como um item do EIA o que permitiria que os custos fossem ajustados regularmente para acomodar as mudanças circunstanciais. Ele afirma que *“para os problemas potenciais de meio ambiente a prevenção é*



*melhor que a cura*”. SASSON (1996) concorda com a proposta de RICKS apresentadas acima, defendendo também o sistema de gerenciamento ambiental. Revisões sobre os conceitos de fechamento de minas são apresentados nos trabalhos de BRODIE (1995) e de LIMA e WATHERN (1999).

TAVEIRA (1997), em análise de custos ambientais, sugere que as empresas de mineração devem caracterizar e organizar as informações sobre a distribuição do custo ambiental para a internalização das externalidades fazendo uma abordagem consistente sobre os aspectos econômicos do meio ambiente, por meio de instrumentos e técnicas de valoração já desenvolvidas. SOUZA (1999) avalia o impacto econômico da questão ambiental no processo decisório do investimento em mineração usando métodos convencionais de análise de investimento e conclui que a recuperação ambiental desenvolvida ao longo do ciclo de vida do empreendimento é perfeitamente compatível com o retorno do empreendimento.

---

## 1.8. O Gerenciamento do Fechamento de Minas de Urânio

Os conceitos de fechamento, descomissionamento e remediação tiveram origem como exigências formais para as instalações nucleares e depois incluíram a indústria de urânio. Esses conceitos passaram a envolver a indústria mineral como um todo e também as indústrias químicas (CAMPBELL e EMERY, 1995). Por esta razão, adota-se nesta tese os conceitos da IAEA porque aplicam-se de maneira mais adequada à proteção do meio ambiente contra um possível impacto da mineração de urânio, visando a minimização da dose decorrente dessa atividade para o indivíduo do público:

- **Fechamento Definitivo ou Desativação (*Close-out*)** - *No contexto de Sistemas de Deposição de Rejeitos de usinas de tratamento de minério de urânio e tório, são as ações operacionais, reguladoras e administrativas necessárias para colocar um sistema de deposição de rejeitos dentro de condições, a longo prazo, tais que pouca ou nenhuma supervisão e manutenção no futuro sejam necessárias. O mesmo conceito pode ser aplicado para pilhas de rejeitos de minas, rejeitos de lixiviação em pilhas, pilhas de lixiviação in situ e minas (IAEA, 1994).*
- **Descomissionamento (*Decommissioning*)** - *Ações tomadas no final da vida útil de uma instalação nuclear para sua retirada de serviço com o adequado cuidado para com a saúde e*

*segurança dos trabalhadores e dos membros do público e a proteção do meio ambiente. A meta final do descomissionamento é a liberação ou o uso irrestrito do local. O período necessário para atingir esta meta pode variar de alguns anos a várias centenas de anos. Sujeitas a exigências legais e reguladoras uma instalação nuclear ou suas partes remanescentes podem também ser consideradas descomissionadas se ela é incorporada a uma instalação nova ou a uma já existente ou mesmo se o local no qual ela está localizada está ainda sob controle regulatório e institucional. Esta definição não se aplica a algumas instalações nucleares usadas na mineração e tratamento químico de materiais radioativos (close-out) ou para deposição de lixo radioativo (closure) (IAEA, 1994).*

- **Remediação (Remedial action)** – *Ações tomadas para reduzir a dose de radiação que pode de algum modo ser recebida em uma situação de intervenção envolvendo exposições crônicas, quando um nível especificado de ação é excedido. Exemplos são: (a) Ações que incluem descontaminação, remoção de rejeitos e restauração ambiental de um local durante os esforços de descomissionamento e/ou ou fechamento definitivo; (b) Ações tomadas após a estabilização do sistema de barragem da bacia de rejeitos de modo a permitir outros usos da área ou para restaurá-la às condições próximas das originais (IAEA, 1994).*

Os conceitos para o meio físico usados na norma NBR 10.703, apresentados abaixo, são bastante difundidos na área de mineração, mas concordando com a avaliação de BITAR (1995) não nos parecem as mais adequadas.

- **Restauração (Restoration)** – associado à idéia de reprodução das condições exatas do lugar, tais como eram antes de serem alteradas pela intervenção.
- **Recuperação (Reclamation)** – associado à idéia de que o lugar alterado seja trabalhado de modo que as condições ambientais fiquem próximas às condições anteriores à da intervenção; ou seja, trata-se de devolver ao local o equilíbrio ou estabilidade dos processos ambientais ali atuantes anteriormente.
- **Reabilitação (Rehabilitation)** – associado à idéia de que o local alterado deverá ser destinado a uma forma dada de uso de solo, de acordo com um projeto prévio e em condições compatíveis com a ocupação contígua, ou seja, trata-se de reaproveitar a área para uma nova finalidade (comercial, industrial, habitacional, agrícola, de preservação ou conservação ambiental, recreativa, cultural, etc.) BITAR (op. cit.) considera que a restauração é uma prática impossível, preferindo os conceitos de recuperação e reabilitação.

Além dos possíveis impactos ambientais, as minas de urânio possuem outros componentes que não se observam na extração de outros bens minerais: presença da radioatividade; acompanhamento intensivo pela população temerosa; movimentação da imprensa; a radiação “empregada” na obtenção de dividendos políticos; desconfiança no órgão regulador, principalmente por ele ser o regulador e o incentivador do uso da tecnologia nuclear e proprietário do empreendimento, no caso brasileiro.

O despertar do interesse sobre o impacto potencial de uma usina comercial de tratamento químico de minério de urânio sobre a saúde dos cidadãos de Grand Junction, Colorado, pode ser considerado o movimento precursor da legislação sobre os programas de remediação de minas de urânio no mundo. Entre 1952 e 1966 várias centenas de milhares de toneladas de rejeitos da usina foram removidas pela população e construtores locais e empregadas como material de construção. Como não havia controle legal dessa remoção, a fração arenosa do rejeito foi usada extensivamente como material para aterro, fundação de prédios, revestimento de ruas, calçadas e muros, construção de tubulação de esgoto e para nivelamento de terrenos. Em 1966, o *Colorado Department of Health* e o *United States Public Health Service* determinaram que o rejeito da usina, que estava sendo usado para a construção, constituía-se num problema radiológico potencial para a saúde dos ocupantes dessas construções, decidindo-se então proibir a remoção dos rejeitos. A *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) e as autoridades de saúde do Estado de Colorado pesquisaram e concluíram que a contaminação era extensiva a toda a comunidade. Em 1970, o *United States Surgeon General* propôs guias para determinar quais os níveis de radiação devidos ao radônio e seus filhos, existentes nas construções, necessitariam de ação remediadora.

Em 1972, o Congresso dos EUA liberou recursos para o Estado do Colorado conduzir um programa de remediação. Os objetivos desse programa, que foi o primeiro a ser estabelecido nos EUA, eram remover o rejeito ou usar outras técnicas de remediação para minimizar a exposição do público que morava ou trabalhava em ambientes onde a concentração de atividade dos filhos do radônio e a taxa de exposição à radiação gama ultrapassavam os limites estabelecidos pelo *US Surgeon General*. O programa previa limpeza em aproximadamente 740 propriedades e teve seu custo estimado, em valores da época, em US\$ 23 milhões ou aproximadamente US\$ 32 mil por propriedade (COFFMAN, 1982; GROESELMA, 1982; ELMER, 1996).

No Canadá, entre 1975 e 1980, as diversas províncias determinaram a formação de comissões de inquérito para verificar as conseqüências da mineração de urânio para a saúde da população. A maioria delas concluiu que a continuação da exploração deveria estar condicionada a garantias de proteção à saúde dos trabalhadores, da população em geral e do meio ambiente (BRAGG et al, 1982; HAMELL e HOWIESON, 1982). Em atenção às recomendações dessas comissões, o *Atomic Energy Control Board* (AECB) passou a usar sua autoridade para garantir a proteção da saúde dos trabalhadores contra a radiação, instituindo seu próprio mecanismo de inspeção e monitoração. Em todos os inquéritos, o gerenciamento a longo prazo dos rejeitos radioativos produzidos pelas minas de urânio foram bastante questionados (BRAGG et al, 1982).

Na Austrália, as minas de urânio exploradas antes da década de 1970 eram localizadas em locais remotos e as medidas de proteção ao meio ambiente eram incipientes. Com a exaustão das reservas, os locais eram usualmente abandonados após a desmontagem das instalações e recuperação dos equipamentos. Os rejeitos eram deixados a céu aberto sem receber nenhum tratamento para estabilização (FRY e MORISON, 1982). Devido à inexistência de medidas profundas de limpeza e reabilitação, algumas minas e usinas abandonadas na Austrália começaram a ser apontadas como fontes potenciais de exposição à radiação para indivíduos do público e causadoras de danos ao meio ambiente em decorrência da lixiviação e liberação de metais pesados. Em 1975, o Governo Federal abriu um inquérito sobre os aspectos ambientais do desenvolvimento dos depósitos de urânio de Ranger na região de Alligators Rivers, Território do Norte. O inquérito encerrado em 1977 apresentou uma série de recomendações que foram aprovadas pelo Parlamento no mesmo ano, iniciando-se assim uma nova fase na exploração de urânio no país. Em 1980, a Commonwealth anunciou um programa de A\$ 12 milhões para a reabilitação do local da mina de Rum Jungle (WALKER et al, 1983).

A *International Atomic Energy Agency* (IAEA) tem, periodicamente, publicado revisões sobre o gerenciamento de rejeitos e o descomissionamento de minas de urânio (IAEA, 1987; 1992; 1994; 2001a; 2001b). A Agência desenvolve o programa *Radioactive Wastes Safety Standards* (RADWASS), voltado para o gerenciamento de rejeitos radioativos e tem editado muitas publicações técnicas neste sentido, com a colaboração dos países membros visando prevenir e remediar a dispersão de radionuclídeos para o meio ambiente e minimizar os possíveis impactos sobre o meio ambiente e o ser humano (DELATTRE, 2000). Mais recentemente, está desenvolvendo programa voltado para a remediação ambiental de locais contaminados com radioatividade em decorrência do mal

gerenciamento de rejeitos radioativos e da sua disposição inadequada (FALCK, 2001). Estes programas têm gerado os documentos mais recentes da Agência voltados para a indústria do urânio (IAEA, 1997b; 1997c; 1998; 2000; 2001a; 2001b). Além disso, a Agência incentiva a pesquisa nesta área através de diversos programas de financiamento.

Nos últimos anos, as agências reguladoras de diversos países e a *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) passaram a incentivar a participação do público na tomada de decisão sobre o fechamento de minas e usinas de urânio e de outras instalações nucleares. Esta nova postura teve origem na constatação de que esta seria uma das poucas alternativas para que o público aceitasse o uso da tecnologia nuclear e adquirisse confiança nos propósitos e na segurança desses empreendimentos. A participação verificada em diferentes projetos do Canadá, Alemanha, França e EUA, não se restringe apenas às audiências públicas mas envolve uma participação efetiva de diferentes grupos de interesse na tomada de decisão sobre o uso futuro do terreno e na definição das estratégias de desenvolvimento dos trabalhos (CIPRIANI e MARTINS, 2002).

## CAPÍTULO 2 A INDÚSTRIA DO URÂNIO NO MUNDO

O desenvolvimento da indústria do urânio pode ser dividido em duas fases. Na primeira, desde o final dos anos 40 até meados dos anos 60, o consumo de urânio era controlado pelos interesses militares e políticas de segurança nacional. Na segunda, dos anos 70 até hoje, o consumo tem sido controlado pela exploração comercial da energia núcleo-elétrica, fase chamada de indústria nuclear civil. As informações sobre o primeiro período são muito difíceis de se obter, dado o caráter sigiloso das mesmas, por isso as análises sobre essa época têm pouca consistência. No segundo período, mesmo com a falta de informações para alguns países, as análises podem ser feitas com maior segurança.

Até a década de 60, a indústria de urânio, tal como outras indústrias minerais, eram intensivas em mão de obra. Os métodos de prospecção, mineração e industrialização eram, para os padrões de hoje, um tanto primitivos e os assuntos ambientais tinham pouca importância. O gerenciamento das minas e usinas de urânio era simples, a demanda era definida e os preços eram razoavelmente estáveis até os anos 70. Depois disso, a indústria do urânio tem mudado consideravelmente não somente de intensiva em mão de obra para intensiva em capital, mas também na aplicação de alta tecnologia e levando em consideração os modernos conceitos de proteção do meio ambiente e da saúde e segurança dos trabalhadores. Mais recentemente, foi introduzido o conceito de boa prática para a mineração de urânio (IAEA, 1998).

A análise dos principais números sobre a indústria nuclear civil, apresentados a seguir, nos dá o cenário da indústria de urânio do ano 2000 até o ano 2015 e permite perceber o significado do Programa Nuclear Brasileiro no cenário mundial. A principal fonte dos dados é a série de relatórios publicados pela *Nuclear Energy Agency* (NEA) da OECD em conjunto com a *International Atomic Energy Agency* cujo título em inglês é *Uranium - Resources, Production and Demand*, mais conhecido como *Red Book*. Este relatório é emitido desde 1965 e atualmente sua frequência é bienal. A 19ª edição saiu em agosto de 2002.

### 2.1. Demanda de Urânio

Embora nos anos recentes tenha se verificado uma diminuição significativa na taxa de uso da energia nuclear, a geração de energia núcleo-elétrica praticamente dobrou na última década. Os

reatores nucleares forneciam no final do século cerca de 5% da energia total consumida no mundo, ou quase 16% do consumo mundial de energia elétrica (NEA, 2000). No final de 2001 havia em operação 438 reatores nucleares para geração de energia elétrica e 34 instalações estavam em construção. A distribuição desses reatores no mundo é apresentada na Tabela 2.1, onde temos também a porcentagem de participação da energia elétrica gerada por essas instalações no total de energia elétrica produzida em cada país (IAEA, 2002).

No final de 1998, a capacidade instalada de geração de energia núcleo-elétrica no mundo, apresentada na Tabela 2.2, era de 350.573 MW (NEA, 2000). Nesta tabela verifica-se que a maior capacidade instalada na época era a dos EUA com 97.089 MW, que representava 27,7% do total mundial. A seguir temos França, Japão e Rússia com capacidade instalada de 61.700 MW, 45.082 MW e 21.242 MW, representando 17,6 %, 12,9% e 6,1%, respectivamente, do total mundial.

O *Red Book* publicado em 2000 prevê, num cenário menos conservador, que a capacidade instalada no mundo aumente 21,3% até 2010 e 30,4% até 2015, o que corresponde a um crescimento de 1,6% ao ano. Neste cenário, a capacidade instalada do Japão deve ultrapassar a da França em 2010 enquanto a da Coreia do Sul deve ultrapassar a da Rússia em 2015. Ainda no cenário menos conservador, os maiores aumentos de capacidade instalada até 2010 são previstos para o Japão, China, Coreia do Sul e Taipé, com aumentos de 25.418 MW, 15.900 MW, 11.400 MW e 6.500 MW, respectivamente. Num cenário mais conservador, a capacidade instalada no mundo deve aumentar 2,8% até 2010, seguida de uma queda até 2015 quando a capacidade instalada estará 5% menor que a de 1998. As variações nas previsões dos dois cenários indicam as incertezas existentes nas expectativas de vida dos reatores em operação e nas datas de início de operação das novas unidades.

Uma vez que os países desenvolvidos vêm apresentando estabilização na quantidade de energia consumida, o aumento substancial no consumo global de energia nas próximas décadas será conduzido principalmente pelos países em desenvolvimento. Hoje, estes países, com 3/4 dos habitantes do mundo, consomem 1/4 da energia global e estima-se que qualquer crescimento em muitos desses países, levará a um aumento abrupto no consumo *per capita* de energia (IAEA, 1997a). A análise dos dados da Tabela 2.2 permite verificar que a capacidade de geração de energia núcleo-elétrica instalada no mundo será aumentada muito mais pelos países em desenvolvimento do que pelos países desenvolvidos.

**Tabela 2.1. Número de Reatores Nucleares e Participação na Geração de Energia Elétrica de cada País.**

<b>País</b>	<b>Reatores em Operação</b>	<b>Reatores em Construção</b>	<b>Participação na Geração de Energia Elétrica (%)</b>
África do Sul	2		7
Alemanha	19		31
Argentina	2	1	7
Armênia	1		33
Austrália	0		0
Bélgica	7		57
Brasil	2	1	2
Bulgária	6		45
Canadá	14		12
China	3	8	1
Coreia do Sul	16	4	41
Eslovênia	1		37
Espanha	9		28
EUA	104		20
Finlândia	4		32
França	59		76
Holanda	1		4
Hungria	4		41
Índia	14	2	3
Irã		2	0
Japão	53	3	34
Lituânia	2		73
México	2		4
Paquistão	2		2
Reino Unido	35		22
República Checa	5	1	21
República Eslováquia	6	2	53
Romênia	1	1	11
Rússia	29	3	15
Suécia	11		39
Suíça	5		38
Taipe	6	2	na
Ucrânia	13	4	47
<b>Total</b>	<b>438</b>	<b>34</b>	

Fonte: IAEA, 2002. Adaptado pelo Autor; na = informação não disponível.



**Tabela 2.2. Capacidade Instalada e Previsões de Geração de Energia Nucleo-Elétrica até 2015 (MW líquido)**

Ano	1998 <sup>a</sup>	2000	2005		2010		2015	
			Baixa	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Alta
África do Sul	1.842	1.942	1.842	1.942	1.942	1.942	1.942	2.340
Alemanha	21.100	21.100	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000
Argentina	940	940	940	1.630	600	1.290	600	1.290
Austrália	0	0	0	0	0	0	0	0
Bélgica	5.713	5.713	5.713	5.713	5.713	5.713	5.713	5.713
Brasil	630	1.875	3.120	3.120	3.120	3.120	1.250	3.740
Bulgária	3.588	3.538	2.720	3.538	2.310	3.680	1.910	3.270
Canadá	10.300	10.300	10.300	13.100	10.300	14.700	10.300	11.700
China	2.100	2.100	7.700	8.700	15.000	18.000	18.000	23.000
Coreia do Sul	12.000	13.700	17.700	17.000	23.400	23.400	27.700	27.700
Eslovênia	632	632	632	632	632	632	632	632
Espanha	7.300	7.650	7.650	7.730	7.650	7.730	7.650	7.730
EUA	97.089	95.605	63.881	95.555	49.217	93.525	22.154	86.800
Finlândia	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650	2.650
França	61.700	63.100	62.900	62.900	62.900	62.900	62.900	62.900
Holanda	449	449	0	0	0	0	0	0
Hungria	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800
Índia	1.695	2.503	2.503	2.503	4.525	5.647	5.647	5.647
Irã	0	0	0	1.000	1.000	2.000	1.000	2.000
Japão	45.082	45.082	45.400	45.400	70.500	70.500	70.500	79.340
Lituânia	2.760	2.760	2.370	2.370	2.370	2.370	1.190	2.370
México	1.308	1.370	1.370	1.370	1.370	1.370	1.370	1.370
Paquistão	125	430	300	730	600	600	600	2.000
República Checa	1.648	2.560	3.472	3.472	3.472	3.472	3.472	3.472
República Eslováquia	2.025	2.430	1.620	2.430	1.620	2.025	810	1.620
Suécia	10.000	9.400	8.800	8.800	8.900	8.900	6.090	9.440
Suíça	3.117	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300
Reino Unido	12.900	12.100	9.300	9.300	7.000	7.000	8.150	8.150
Romênia	650	650	1.300	1.300	1.300	1.950	1.300	1.950
Rússia	21.242	21.242	21.242	24.240	21.242	25.240	17.500	25.300
Ucrânia	12.880	12.880	12.880	14.800	14.800	15.800	14.800	15.880
Taipe	na	4.880	4.880	7.480	7.480	8.780	7.480	11.380
Turquia	0	0	1.300	1.300	2.600	2.600	2.600	2.600
Outros	5.308	408	1.300	1.108	0	1.708	950	19.020
<b>Capacidade Mundial</b>	<b>350.573</b>	<b>355.089</b>	<b>331.885</b>	<b>377.913</b>	<b>360.313</b>	<b>425.404</b>	<b>332.960</b>	<b>457.104</b>

Fonte: NEA, 2000. Adaptado pelo Autor; a = capacidade instalada.

Os fatores que influenciam a construção de novos reatores, de acordo com a análise da NEA/OECD/IAEA, são:

- insuficiência de recursos financeiros nos países em desenvolvimento;
- dificuldades na aceitação pública da energia núcleo-elétrica na Europa Ocidental tem levado à proscrição, reprogramação ou adiamento de novos projetos;
- queda na confiança dos investidores quanto ao retorno dos investimentos; e,
- alternativas competitivas para geração de energia elétrica.

As projeções das necessidades anuais de urânio para geração de energia núcleo-elétrica, apresentadas na Tabela 2.3, prevêm, num cenário menos conservador, um aumento de 22,8% até o ano 2010, chegando a um aumento de 34,0% em 2015, o que corresponde a um crescimento de 1,7% ao ano.<sup>14</sup>

Num cenário mais conservador, deverá se verificar uma queda na demanda mundial de urânio de 0,5% até 2010 e de 8,6% até 2015. Como o consumo de urânio é muito dependente dos EUA, esta queda pode ser creditada à previsão de diminuição da demanda deste país, que será de 51,4% em 2010 e de 87,0% em 2015. O Brasil tem previsão de aumentar sua capacidade de geração núcleo-elétrica instalada de 630 MW em 1998 para 3.120 MW em 2005, que representam 0,18 % e 0,82 % da capacidade instalada no mundo. Nesses 3.120 MW para 2005 estão computadas as usinas de Angra II, que entrou em operação em 2000, e Angra III.

Num cenário mais conservador, a demanda anual de urânio do Japão deverá ultrapassar a dos EUA em 2005, que ficaria em oitavo lugar em 2015, com uma demanda de apenas 2.300 t, o que representaria 4,2% da necessidade mundial. Num cenário menos conservador, haveria até 2015 pequena alteração na posição dos maiores consumidores.

O aumento do consumo mundial se daria em função do aumento do consumo do Japão, China, Coréia do Sul e Canadá, com 6.190 t, 3.620 t, 2.800 t e 800 t por ano respectivamente. O Brasil tem, num cenário menos conservador, uma demanda prevista de 810 tU por ano entre 2010 e 2015, o que representa pouco mais de 1% da demanda mundial.

A Austrália não possui programa de geração de energia núcleo-elétrica, dedicando-se apenas a produzir e comercializar urânio, do qual tem sido um dos maiores produtores mundiais.

---

<sup>14</sup> As quantidades de urânio informadas nesse trabalho são sempre expressas em massa de U; alterações desse formato são referenciadas no texto.

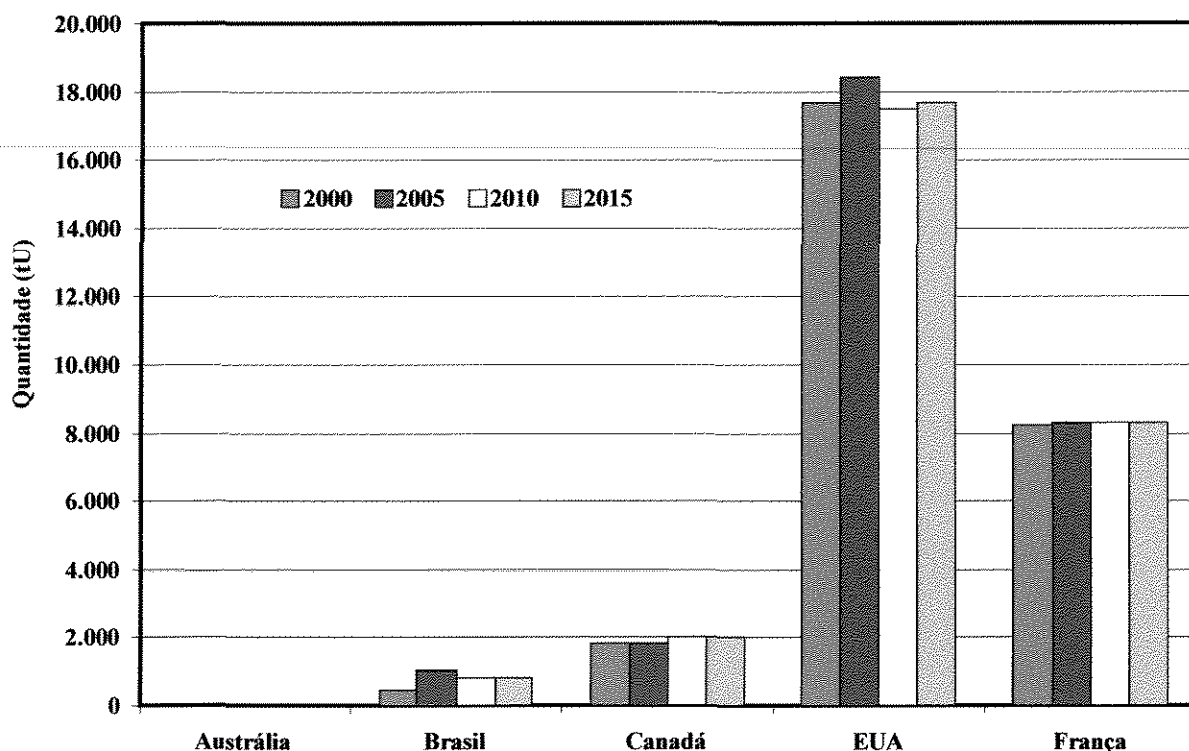
**Tabela 2.3. Previsão da Necessidade Anual de Urânio para Geração de Energia Núcleo-Elétrica, a Curto Prazo (tU/ano)**

Ano	1998*	2000	2005		2010		2015	
			Baixa	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Alta
África do Sul	200	220	200	220	220	220	220	300
Alemanha	3.100	3200	3.100	3.100	3.000	3.000	3.000	3.000
Argentina	150	150	150	260	96	206	96	206
Austrália	0	0	0	0	0	0	0	0
Bélgica	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
Brasil	120	450	420	1.040	470	810	470	810
Bulgária	844	844	649	844	551	844	456	780
Canadá	1.200	1.800	1.300	1.800	1.300	2.000	1.300	2.000
China	380	380	1.380	1.560	2.700	3.200	3.200	4.000
Coreia do Sul	2.400	3.500	3.900	3.900	4.600	4.600	5.200	5.200
Eslovênia	110	110	110	110	110	110	110	110
Espanha	1.500	1.500	1.100	1.500	1.100	1.500	1.100	1.500
EUA	17.700	17.700	9.800	18.400	8.600	17.500	2.300	17.700
Finlândia	550	557	548	548	545	545	545	545
França	8.200	8.200	7.800	8.300	7.800	8.300	7.800	8.300
Holanda	74	84	0	0	0	0	0	0
Hungria	400	400	400	400	400	400	400	400
Índia	376	407	560	855	618	861	861	861
Irã	0	0	0	170	170	340	170	340
Japão	7.810	9.700	11.800	11.800	13.000	13.000	14.000	14.000
Lituânia	480	680	412	412	412	412	207	412
México	360	184	180	360	178	356	182	365
Paquistão	16	66	46	112	92	92	92	306
República Checa	440	602	690	705	690	705	690	705
República Eslováquia	566	515	347	521	347	434	174	347
Suécia	1.600	1.500	1.400	1.400	1.400	1.400	1.000	1.500
Suíça	570	480	580	580	580	580	580	580
Reino Unido	2.356	2.500	1.764	1.764	1.262	1.262	1.470	2.400
Romênia	100	100	200	200	200	300	200	300
Rússia	3.600	3.600	3.600	4.100	3.600	4.250	3.000	4.300
Taipe	na	810	620	620	620	830	620	1.040
Turquia	0	0	260	260	520	520	520	520
Ucrânia	2.350	2.823	2.480	2.823	2.480	2.705	2.705	2.800
Outros	1.172	1.182	1.370	1.918	2.000	2.712	2.160	5.062
<b>Total</b>	<b>59.551</b>	<b>64.201</b>	<b>57.226</b>	<b>70.383</b>	<b>59.291</b>	<b>73.155</b>	<b>54.458</b>	<b>79.798</b>

Fonte: NEA, 2000. Adaptado pelo Autor.

Em 1998, o consumo mundial de urânio para geração de energia elétrica foi de 59.555 t. Os maiores consumidores desse material foram os EUA, com 17.700 t representando 29,7% do consumo mundial, seguido da França, Japão e Rússia que consumiram 8.200 t, 7.810 t, e 3.600 t, respectivamente, representando 13,8%, 13,1% e 6,0% do consumo mundial (NEA, 2000).

Para que se possa visualizar as diferenças entre os programas nucleares da Austrália, Brasil, Canadá, EUA e França, são apresentadas na Figura 2.1 as previsões das necessidades anuais de urânio para geração de energia núcleo-elétrica nestes países.



**Figura 2.1. Previsão da Necessidade Anual de Urânio, a Curto Prazo, para Geração de Energia Elétrica, em Cenário Menos Conservador da Austrália, Brasil, Canadá, EUA e França.**

Fonte NEA 2000. Adaptado pelo Autor.

## 2.2. Suprimento de Urânio

As várias fontes que podem atuar no mercado de urânio são sumariadas no Quadro 2.1. Esta estrutura do mercado tem sofrido bastante variação após o desmanche da União Soviética e mudanças de orientação política de países do Leste Europeu. Segundo a NEA/OECD, a estrutura de mercado é hoje fortemente influenciada por:

- aumento das disponibilidades de fornecedores não tradicionais que deverão influenciar no comércio futuro (Cazaquistão, Rússia, Uzbequistão);
- aumento da utilização do estoque de material fissil (os EUA vêm, desde 1995, adquirindo urânio enriquecido da Rússia, proveniente da desmontagem de armas nucleares);
- aumento das atividades de reciclagem (reprocessamento de combustível nuclear queimado);
- restrições a atividades comerciais em algumas regiões (principalmente EUA e a Comunidade Européia); e,
- mudanças no mercado *spot*, cujos preços vêm caindo ano a ano.

Na Tabela 2.4, temos a série histórica de produção mundial de urânio (NEA, 1973; 1979; 1990; 1998 e 2000). Devido ao caráter sigiloso das informações, as produções de cada país, antes de 1970, são difíceis de serem detalhadas, por isso as quantidades produzidas até esta data são estimadas pela NEA/IAEA no *Red Book*. A série histórica apresenta uma alteração significativa após as mudanças políticas ocorridas no início dos anos 1990, quando as informações dos países membros da União Soviética passaram a compor o inventário da produção mundial.

De acordo com os dados da Tabela 2.4, a produção mundial de urânio em 1998 foi de 34.986 t. O maior produtor foi o Canadá, com 10.022 t, o que representa 28,6% do total mundial, seguido da Austrália, Niger, Namíbia e Rússia, que produziram respectivamente 4.910 t, 3.714 t, 2.780 t e 2.530 t, o que representa 14,0%, 10,6%, 7,9% e 7,2% da produção mundial. Juntos, esses cinco países produziram mais de 68% do total de urânio. Os EUA e a França vêm desativando suas minas de urânio e, conseqüentemente, a produção doméstica destes países vem caindo sucessivamente desde 1988. O Brasil vem mantendo um programa de produção irregular, tendo interrompido a produção no CIPC em 1995 devido aos elevados custos. Em 2000 foi iniciada a produção no Complexo Industrial de Caetité (CIC) no Estado da Bahia.

**Quadro 2.1. Fontes de Urânio e sua Influência no Mercado**

<b>Fontes de Urânio</b>	<b>Impacto no Mercado</b>
Urânio novo produzido pelas minas.	Essencial a curto, médio e longo prazo.
Urânio natural e enriquecido de estoques estratégicos de organizações civis.	Importante a curto prazo.
Urânio e plutônio obtido no reprocessamento.	Importância regional a curto prazo; pode ser importante a longo prazo.
Urânio altamente enriquecido de estoques estratégicos militares.	Pode ser importante a curto e médio prazo.
Plutônio de estoques militares.	Pouca ou nenhuma importância a curto prazo; menor importância a médio prazo.
Reenriquecimento de urânio empobrecido.	Pode ser importante a curto e longo prazo.
Novas fontes de exploração	Importante a médio e longo prazo

Fonte: NEA, 1998; 2000. Adaptado pelo Autor.

A relação entre a produção e o consumo de urânio para alguns países selecionados, desde 1965, e entre a produção e o consumo mundial desde 1988 são apresentadas na Figura 2.2 (NEA, 2000).<sup>15</sup> Pode-se verificar que a produção diminuiu desde 1980 até 1995, depois houve uma pequena recuperação. Nesta figura pode-se também notar que as variações na produção e consumo dos países selecionados determinam as variações no âmbito mundial. A diminuição na produção é atribuída ao excesso de oferta mundial e às incertezas sobre a quantidade do inventário militar desse material que poderá ser disponibilizado para os projetos civis. O *Uranium Institut* (UI) estimava que, em 1995, o estoque estratégico de urânio, sem considerar os estoques da

<sup>15</sup> Não estão incluídos os seguintes países, devido a não disponibilidade de dados detalhados: Alemanha Oriental, Bulgária, Cazaquistão, China, Cuba, Eslovênia, Federação Russa, Hungria, Mongólia, República Checa, Iugoslávia, Romênia, Tadjiquistão, Ucrânia, URSS, Uzbequistão.

Rússia e da China, era de 160.000 tU, quantidade suficiente para 2 a 3 anos da demanda de 1995 (UI, 1996).

**Tabela 2.4. Produção de Urânio - Série Histórica (tU/ano)**

Ano	Pré 1970	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
África do Sul	55.050	3.167	3.220	3.076	2.735	2.711	2.488	3.412	3.360	3.961	4.797
Alemanha FR	79	28	18	0	0	26	57	38	15	41	25
Argentina	108	45	45	26	24	30	23	50	100	126	134
Austrália	7.546	254						360	356	516	705
Brasil											
Bélgica											
Bulgária											
Canadá	85.180	3.530	3.830	4.000	3.710	3.420	3.510	4.850	5.790	6.803	6.820
Cazaquistão											
China											
CSFR <sup>a</sup>											
Espanha	55	51	60	60	55	60	136	170	180	191	190
EUA	142.600	9.900	9.470	9.900	10.200	8.900	8.900	9.800	11.500	14.200	14.400
França	14.100	1.250	1.250	1.380	1.616	1.673	1.742	2.063	2.097	2.183	2.362
Gabão	3.460	400	540	210	402	436	800		1.408	1.022	1.100
Hungria											
Índia											
Namíbia								654	2.339	2.697	3.840
Níger			430	870	948	1.117	1.306	1.460	1.609	2.060	3.620
Paquistão											
Portugal	1.364	66	61	73	73	92	115	88	95	98	114
Romênia											
Rússia											
Ucrânia											
Uzbequistão											
Outros	27.040	205	175	515	240	237	271	225	-272	223	232
<b>Total</b>	<b>336.610</b>	<b>18.900</b>	<b>19.100</b>	<b>20.110</b>	<b>20.000</b>	<b>18.700</b>	<b>19.350</b>	<b>23.170</b>	<b>28.580</b>	<b>34.120</b>	<b>38.340</b>

Fonte: NEA, 1973; 1979; 1990; 1998 e 2000. Adaptado pelo Autor; a = República Federal Checa e Eslováquia.

**Tabela 2.4. Produção Urânio - Série Histórica (tU/ano) (continuação)**

Ano	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
África do Sul	6.146	6.131	5.816	6.060	5.732	4.880	4.602	3.963	3.850	2.943
Alemanha FR	35	36	34	47	31	30	26	53	38	3.817
Argentina	187	123	155	179	129	126	173	95	142	52
Austrália	1.561	2.922	4.422	3.211	4.390	3.206	4.154	3.780	3.532	3.655
Brasil		81	242	189	177	115	115	0	0	35
Bélgica	20	40	45	45	40	40	40	40	40	27
Bulgária								850	850	850
Canadá	7.150	7.720	8.080	7.140	11.170	10.880	11.720	12.440	12.400	11.320
Cazaquistão										
China									344	800
CSFR								3.200	2.700	2.300
Espanha	190	178	150	170	196	201	215	223	228	227
EUA	16.800	14.790	10.330	8.135	5.722	4.300	5.200	5.000	5.050	5.320
França	2.634	2.552	2.859	3.271	3.168	3.189	3.248	3.376	3.394	3.241
Gabão	1.033	1.022	970	1.006	918	940	900	800	930	870
Hungria										
Índia				200	200	200	200	200	200	200
Namíbia	4.042	3.971	3.776	3.719	3.700	3.400	3.300	3.500	3.600	3.077
Níger	4.100	4.363	4.259	3.426	3.276	3.181	3.110	2.970	2.970	2.962
Paquistão				30	30	30	30	30	30	
Portugal	82	82	102	113	104	119	110	141	144	128
Romênia								900	900	850
Rússia										
Ucrânia										
Uzbequistão										
Outros	263	186	216	53	-132	113	67	-5.230	19.100	14.890
<b>Total</b>	<b>44.240</b>	<b>44.200</b>	<b>41.460</b>	<b>36.990</b>	<b>38.850</b>	<b>34.870</b>	<b>37.210</b>	<b>36.690</b>	<b>60.800</b>	<b>57.810</b>

Fonte: NEA, 1973; 1979; 1990; 1998 e 2000. Adaptado pelo Autor.



**Tabela 2.4. Produção Urânio - Série Histórica (tU/ano) (continuação)**

<b>Ano</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999<sup>a</sup></b>	<b>Total<sup>b</sup></b>
África do Sul	2.460	1.712	1.669	1.669	1.671	1.421	1.436	1.100	994	950	151.601
Alemanha FR	2.972	1.207	232	116	47	35	39	28	15	0	218.785
Argentina	9	18	123	126	80	65	16	30	7	6	2.505
Austrália	3.530	3.776	2.334	2.256	2.208	3.712	4.975	5.488	4.910	6.445	77.692
Brasil	5	0	0	24	106	106	0	0	0	0	1.030
Bélgica	39	38	36	34	40	25	28	27	15	0	686
Bulgária	405	240	150	100	70	0	0	0	0	0	16.720
Canadá	8.730	8.160	9.300	9.160	9.650	10.470	11.710	12.030	10.022	8.500	321.626
Cazaquistão			2.802	2.700	2.240	1.630	1.210	1.090	1.270	2.000	84.942
China	800	800	955	780	480	500	560	570	590	650	na
CSFR	2.142	1.778	1.539	c							102.245
Espanha	213	196	187	184	256	255	255	255	255	255	4.451
EUA	3.420	3.060	2.170	1.180	1.289	2.324	2.432	2.170	1.810	1.800	350.498
França	2.841	2.447	2.149	1.730	1.053	1.016	930	572	507	465	73.982
Gabão	709	678	589	556	650	652	568	470	725	295	25.896
Hungria	490	417	430	380	413	210	200	200	10	10	18.221
Índia	230	200	150	148	155	155	207	207	207	210	6.859
Namíbia	3.211	2.450	1.660	1.679	1.895	2.016	2.447	2.905	2.780	2.905	66.722
Níger	2.839	2.963	2.965	2.914	2.975	2.974	3.329	3.487	3.714	2.910	75.986
Paquistão	30	30	23	23	23	23	23	23	23	23	791
Portugal	111	28	28	32	24	18	15	17	19	25	3.693
Romênia	210	160	120	120	120	120	105	107	132	107	17.554
Rússia			2.640	2.340	2.540	2.160	2.605	2.580	2.530	2.600	108.653
Ucrânia			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	na
Uzbequistão			2.680	2.600	2.110	1.640	1.459	1.764	1.926	2.300	91.571
Outros	14.240	13.670	119	1.159	515	623	601	600	619	784	d
<b>Total</b>	<b>49.640</b>	<b>44.020</b>	<b>36.050</b>	<b>33.010</b>	<b>31.610</b>	<b>33.150</b>	<b>36.150</b>	<b>36.720</b>	<b>34.990</b>	<b>34.240</b>	<b>e</b>

Fonte: NEA, 1973; 1979; 1990; 1998 e 2000. Adaptado pelo Autor; a = previsão; b = até 1998; c = entidade nacional não existente ou politicamente redefinida; d, e = não estimado devido a insuficiência de informação; na = informação não disponível

A variação da capacidade de produção prevista a curto prazo é apresentada na Tabela 2.5. Nota-se que o Brasil continuará ocupando discreta posição no cenário mundial nos próximos anos. Na Figura 2.3, tem-se a representação gráfica da variação da capacidade instalada de urânio até 2015 para Austrália, Brasil, Canadá, EUA e França. A opção política da França e da Alemanha foi a de encerrar a

produção doméstica de urânio, associando-se a empreendimentos minerais ao redor do mundo de modo a garantir suas necessidade futuras.

**Tabela 2.5. Capacidade de Produção de Urânio Prevista a Curto Prazo (tU/ano de Recursos Recuperáveis a Custo Acima de US\$ 80/kgU, Exceto Quando Indicado)**

País	2000		2005		2010		2015	
	A	B	A	B	A	B	A	B
África do Sul <sup>b</sup>	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700
Argentina	40	40	na	na	na	na	na	na
Austrália	8.200	9.000	10.500	13.200	10.500	15.800	7.300	12.600
Brasil <sup>b</sup>	250	250	250	575	250	575	250	575
Canadá <sup>c, d</sup>	11.830	11.830	11.045	17.945	7.550	15.650	7.550	13.350
Cazaquistão <sup>c</sup>	2.500	2.500	3.500	4.500	3.500	4.500	3.500	4.500
China	740	840	740	1.560	740	1.560	740	1.560
Espanha	255	255	na	na	na	na	na	na
EUA <sup>c</sup>	3.468	3.852	3.235	7.362	2.608	8.358	1.258	3.920
França	600	600	0	0	0	0	0	0
Índia	210	210	210	560	210	860	210	860
Mongólia <sup>b</sup>	150	250	150	1.100	150	1.100	150	1.100
Namíbia	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Niger <sup>b</sup>	2.910	3.410	na	na	na	na	na	na
Paquistão	30	65	30	110	30	110	30	300
Portugal <sup>c</sup>	170	170	170	170	170	170	170	170
Romênia <sup>a</sup>	300	300	300	300	300	300	300	300
Rússia <sup>b</sup>	2.500	2.500	2.500	3.500	2.500	5.000	2.500	5.000
Ucrânia	1.000	1.000	1.000	1.500	1.000	2.000	1.000	2.000
Uzbequistão <sup>b</sup>	2.300	2.300	2.300	3.000	2.300	3.000	2.300	3.000
<b>Total</b>	<b>43.833</b>	<b>45.752</b>	<b>41.740</b>	<b>61.192</b>	<b>37.592</b>	<b>64.767</b>	<b>33.045</b>	<b>55.022</b>

Fonte: NEA, 2000. Adaptado pelo Autor.

A = capacidade de produção de centros existentes e propostos, suportados por recursos recuperáveis dos tipos RAR e EAR-I (As definições são apresentadas na seção 2.3 e no Apêndice B).

B = capacidade de produção de centros existentes, propostos, planejados e prospectados, suportados por recursos recuperáveis dos tipos RAR e EAR-I (As definições são apresentadas na seção 2.3 e no Apêndice B).

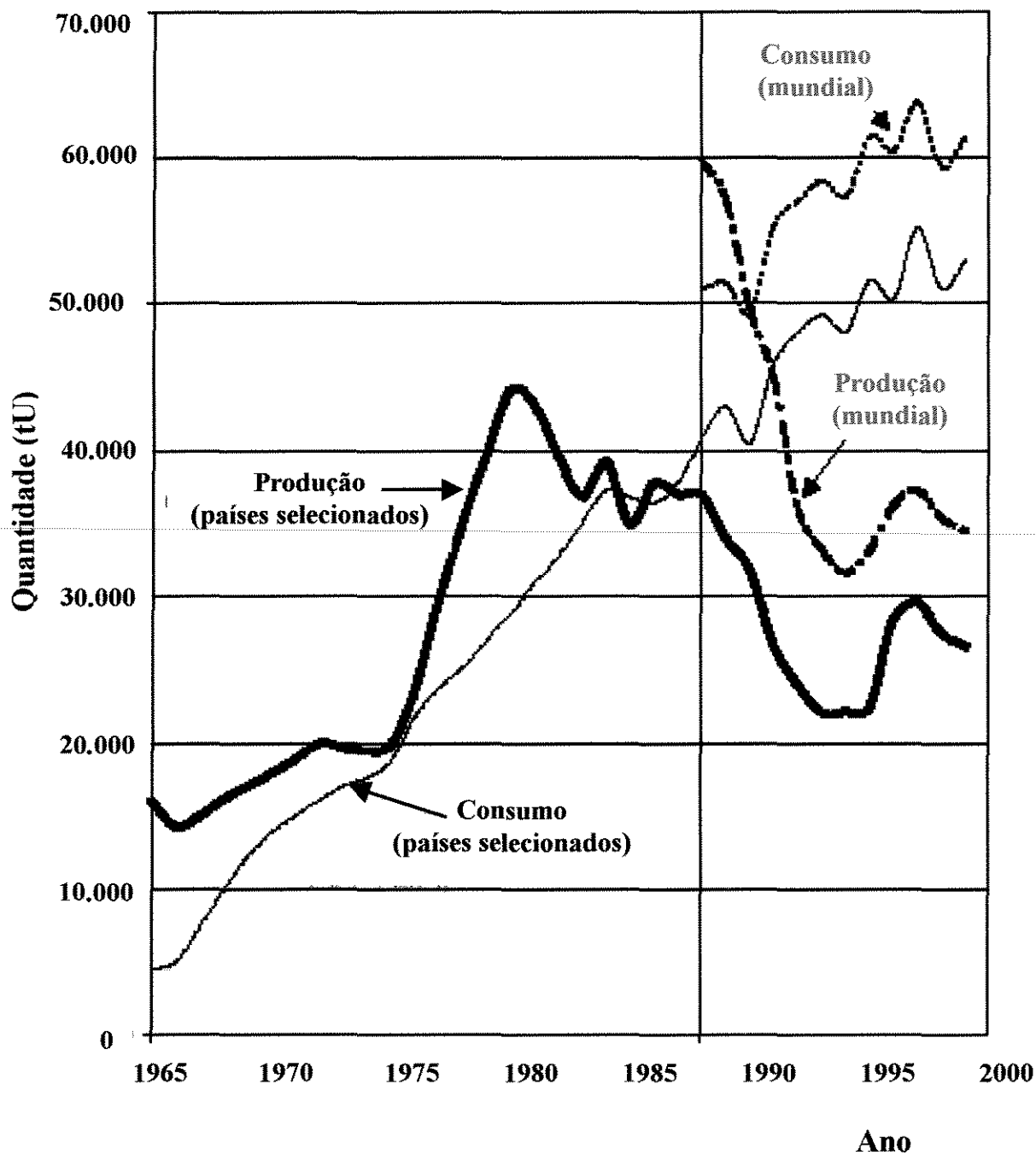
a = de recursos recuperáveis ao custo ≤ US\$ 130/kgU

b = de recursos recuperáveis ao custo ≤ US\$ 40/kgU

c = de recursos parcialmente recuperáveis ao custo ≤ US\$ 40/kgU

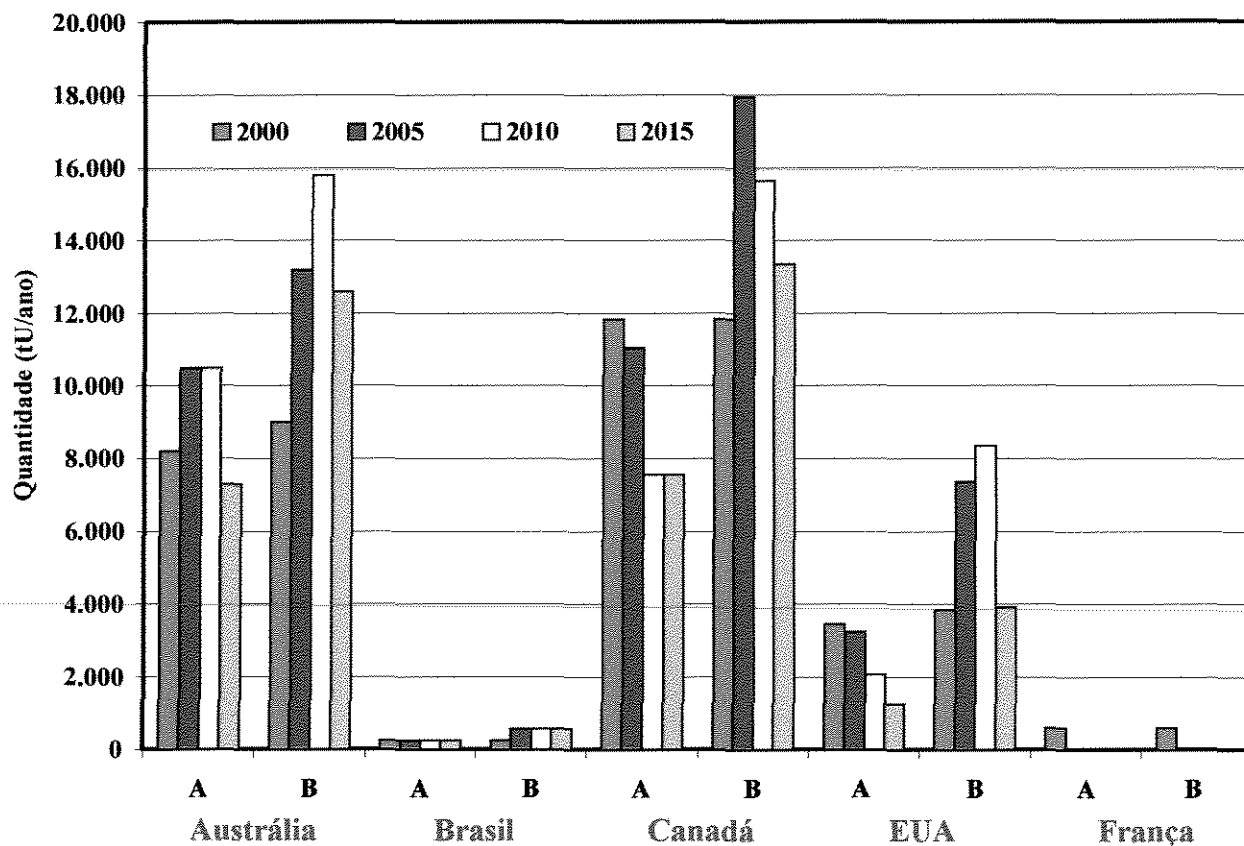
d = de recursos recuperáveis ao custo ≤ US\$ 40/kgU em A. Em B recursos recuperáveis ao custo entre US\$ 40/kgU e US\$ 80/kgU são 6.900, 8.100 e 5.800 tU em 2005, 2010 e 2015, respectivamente.

na = informação não disponível.



**Figura 2.2. Comparação entre a Produção e o Consumo de Urânio nas Últimas Décadas do Século XX.**

Fonte: NEA, 2000. Adaptado pelo Autor.



**Figura 2.3. Previsão da Variação da Capacidade Anual de Produção Doméstica de Urânio na Austrália, Brasil, Canadá, EUA e França até 2015**

Fonte: NEA, 2000. Adaptado pelo Autor.

A = capacidade de produção de centros existentes e propostos, suportados por recursos recuperáveis dos tipos RAR e EAR-I (As definições são apresentadas na seção 2.3 e no Apêndice B).

B = capacidade de produção de centros existentes, propostos, planejados e prospectados, suportados por recursos recuperáveis dos tipos RAR e EAR-I (As definições são apresentadas na seção 2.3 e no Apêndice B).

### 2.3. Recursos de Urânio

O sistema de classificação de recursos disponíveis de urânio usado neste trabalho é aquele adotado pela NEA/IAEA. Os critérios adotados podem ser verificados no Apêndice B e comparados com outros sistemas, usados para o mesmo fim, pela Austrália, Brasil, Canadá, EUA e França. As razões para se adotar o termo “recurso” têm como objetivo evitar a confusão criada pelas diferentes definições nacionais de reservas e recursos, conforme orientação adotada pelo Centro dos Recursos Naturais, Energia e Transporte, da Organização das Nações Unidas (MACHADO, 1989). A Tabela 2.6, apresenta os Recursos Razoavelmente Assegurados (*Reasonably Assured Resources* (RAR)) e os Recursos Adicionais Estimados – Categoria I (*Estimated Additional Resources - Category I* (EAR-I)), distribuídos em função dos custos previstos para a exploração, que são os tipos de recursos que apresentam maior significado para a produção de urânio até 2015.<sup>16</sup> Estas avaliações foram feitas pela NEA/IAEA, com base nos recursos informados nos últimos cinco anos (NEA, 2000).

A Figura 2.4 apresenta uma comparação entre os recursos de urânio da Austrália, Brasil, Canadá, EUA e França.

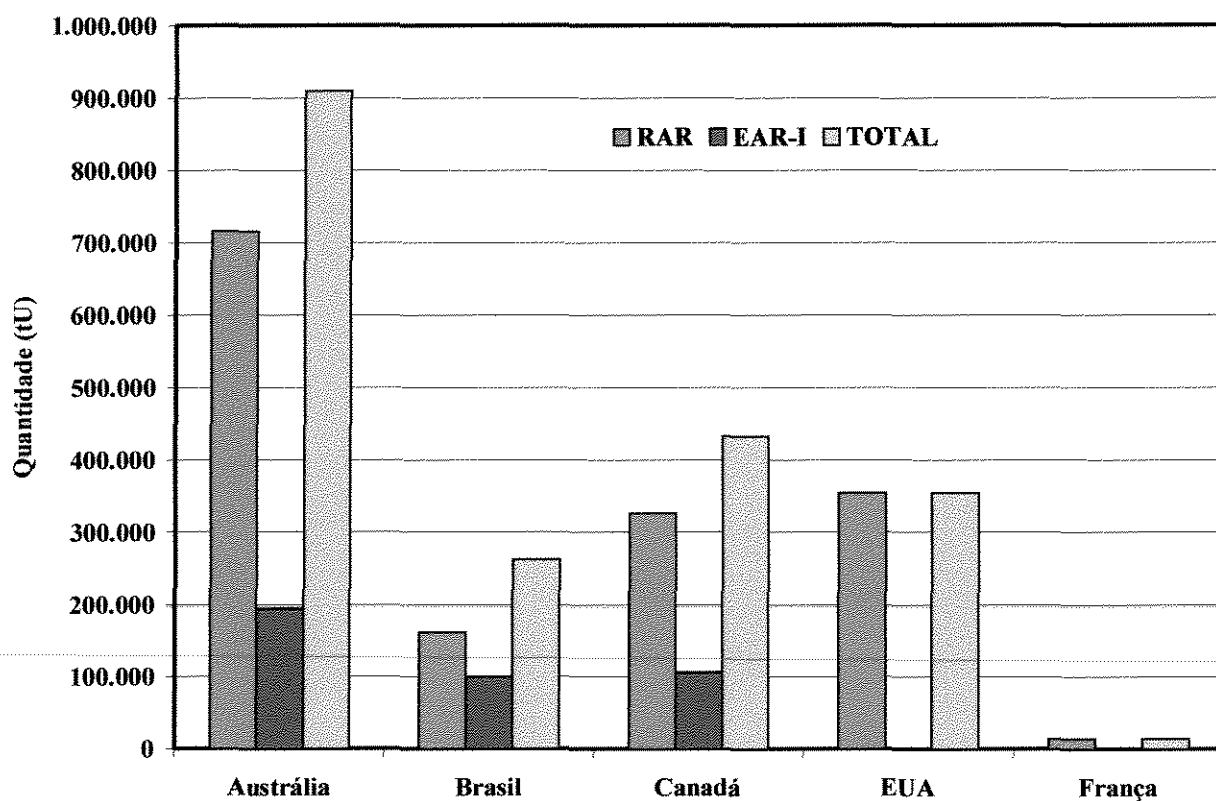
---

<sup>16</sup> Os critérios usados para definir os diferentes tipos de recursos são apresentados no Apêndice B

Tabela 2.6. Distribuição de Recursos de Urânio de Acordo com o Custo de Exploração (tU)

Faixa de Custo (US\$/kgU)	Recursos Razoavelmente Assegurados					Recursos Adicionais Estimados - Categoria I				
	≤ 40	40 - 80	≤ 80	80 -130	≤ > 130	≤ 40	40 - 80	≤ 80	80 -130	≤ 130
Algéria	na	na	26.000	0	26.000	na	na	700	1.000	1.700
África do Sul	121.000	111.900	232.900	59.900	292.800	48.100	18.700	66.800	9.600	76.400
Argentina	2.640	2.600	5.240	2.240	7.480	2.030	350	2.380	70	2.450
Austrália	na	na	607.000	109.000	716.000	na	na	147.000	47.000	194.000
Brasil	56.100	105.900	162.000	0	162.000	na	na	100.200	0	100.200
Bulgária	2.220	5.610	7.830	0	7.830	2.200	6.200	8.400	0	8.400
Canadá	284.560	41.860	326.420	na	326.420	87.010	19.580	106.590	0	106.590
Cazaquistão	320.740	115.880	436.620	162.040	598.660	113.200	82.400	195.600	63.700	259.300
Dinamarca	0	0	0	27.000	27.000	na	na	0	16.000	16.000
Espanha	0	na	3.100	3.620	6.720	na	na	na	7.540	7.540
EUA	na	na	106.000	249.000	355.000	na	na	na	na	na
França	na	na	12.460	1.780	14.240	na	na	550	na	550
Gabão	4.830	na	4.830	0	4.830	1.000	na	1.000	na	1.000
Índia	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Mongólia	10.600	51.000	61.600	0	61.600	11.000	10.000	21.000	0	21.000
Namíbia	67.240	82.030	149.270	31.240	180.510	70.550	20.270	90.820	16.690	107.510
Níger	43.800	27.530	71.120	0	71.120	0	0	0	18.580	18.580
Paquistão	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Portugal	na	na	7.470	0	7.470	na	na	na	na	1.450
República Central Africana	na	na	8.000	8.000	16.000	na	na	na	na	na
República Checa	0	4.110	4.110	2.880	6.990	0	na	1.110	21.550	22.660
Romênia	na	na	na	na	6.900	na	na	na	na	8.950
Rússia	64.300	76.600	140.900	na	140.900	17.200	19.300	36.500	0	36.500
Ucrânia	na	na	42.600	38.400	81.000	na	na	20.000	30.000	50.000
Uzbequistão	65.620	0	65.620	17.490	83.070	39.850	0	39.850	7.140	46.990
Outros	790	20	34.220	17.290	64.083	0	0	15.050	45.050	62.660
<b>Total<sup>a</sup></b>	<b>1.044.440</b>	<b>625.020</b>	<b>2.515.310</b>	<b>729.880</b>	<b>3.266.000</b>	<b>392.140</b>	<b>176.800</b>	<b>853.550</b>	<b>283.920</b>	<b>1.150.430</b>

Fonte: NEA, 2000. Adaptado pelo Autor; na = informação não disponível; a = os totais relatados, para custos ≤ US\$40/kgU e US\$ 40 - 80/kgU são maiores a soma dos valores relatados porque certos países não divulgam recursos estimados por razões confidenciais. Os valores foram estimados pela NEA.



**Figura 2.4. Recursos de Urânio da Austrália, Brasil, Canadá, EUA e França**

Fonte: NEA, 2000. Adaptado pelo Autor.

#### 2.4. Número de Empregos Diretos na Indústria do Urânio

A partir de 1980 o *Red Book* passou a apresentar a informação do número de empregos diretos na indústria do urânio. Esta informação é um ponto de referência interessante para ser comparado no fechamento de minas e usinas de urânio uma vez que tem sido apresentado que o descomissionamento tem servido para manter o nível de emprego nos locais antigos de produção de urânio.

Na Tabela 2.7, são apresentadas as séries históricas, desde 1980, do número de empregos diretos na indústria do urânio. Embora haja uma estimativa de que a demanda desse material ficará estável ou mesmo aumente no Brasil, o número de empregos vem caindo significativamente. Isto pode significar terceirização e automatização da operação. A queda no Canadá, de 4.280 para

1.310 postos de trabalho entre 1989 e 1992, foi, principalmente, devido ao fechamento de minas com jazidas de baixo teor de urânio.

**Tabela 2.7. Número Anual de Empregos Diretos na Indústria de Urânio**

Ano	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Alemanha	85	80	75	75	70	60	70	65	50	50
Argentina	700	700	650	650	630	630	630	600	590	580
Austrália	500	500	500	500	480	460	460	460	1.250	1.170
Bélgica										
Brasil										
Canadá	6.100		4.830	5.850	5.810	5.330	5.080	4.830	4.730	4.600
Cazaquistão										
China										
Espanha	252	355	348	347	323	311	349	348	348	309
Eslovénia										
EUA	19.920	13.680	8.970	5.620	3.600	2.450	2.120	2.000	2.140	2.000
França					3.682	3.508	3.247	3.145	3.043	
Gabão										
Hungria										
Índia										
Namíbia										
Niger										
Portugal	614	598	573	549	535	519	506	487	460	450
Romênia										
Rússia										
Uzbequistão										
Outros										
<b>Total</b>	<b>28.171</b>	<b>15.913</b>	<b>15.946</b>	<b>13.591</b>	<b>15.130</b>	<b>13.268</b>	<b>12.462</b>	<b>11.935</b>	<b>12.611</b>	<b>9.159</b>

Fonte NEA, 1990; 2000. Adaptado pelo Autor.



**Tabela 2.7. Número Anual de Empregos Diretos na Indústria de Urânio (continuação)**

Ano	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999 <sup>a</sup>
Alemanha	15.710	7.488	6.093	4.895	.613	4.400	4.200	3.980	3.450	3.000
Argentina	340	250	220	220	180	120	100	80	80	80
Austrália	1.183	1.189	376	405	412	413	464	468	502	555
Bélgica	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6
Brasil	521	463	430	410	408	390	305	280	180	380
Canadá	2.495	2.195	1.310	1.320	1.370	1.350	1.155	1.105	1.134	1.100
Cazaquistão			11.800	10.550	8.050	6.850	6.000	5.100	4.800	4.200
China	10.000	9.500	9.500	9.300	9.100	8.000	8.500	8.500	8.500	8.500
Espanha	309	240	232	186	185	183	178	172	148	135
Eslovênia		200	150	145	145	140	115	105	na	na
EUA	1.335	1.016	682	380	452	535	689	793	911	na
França	2.276	1.773	1.368	824	496	468	441	141	144	na
Gabão			207	193	263	276	259	150	na	na
Hungria	4.798	2.240	1.855	1.755	1.766	1.250	1.300	900	0	0
Índia			3.780	3.898	na	na	na	4000	4000	na
Namíbia			1.266	1.240	1.246	1.246	1.189	1.254	1.104	1.009
Niger	3.173	2.562	2.340	2.118	2.104	2.109	2.070	2.033	2.002	1.942
Portugal	231	217	94	52	46	52	56	57	61	61
Romênia					6.500	6.000	5.000	4.550	3.400	2.867
Rússia					14.400	14.000	13.000	12.900	12.800	12.500
Uzbequistão					6.688	7.378	8.201	8.230	8.165	8.30
Outros	12.540	9300	19.600	13.900	5.400	4.500	3.600	2.475	2.276	b
<b>Total</b>	<b>54.916</b>	<b>38.638</b>	<b>61.308</b>	<b>51.796</b>	<b>63.829</b>	<b>59.665</b>	<b>56.827</b>	<b>57.279</b>	<b>53.663</b>	<b>c</b>

Fonte: NEA, 1990; 2000. Adaptado pelo Autor; a = estimativa; b, c = não há dados suficientes para estimativa.  
na = informação não disponível.

## 2.5. Conclusão do Capítulo 2

Uma análise da capacidade mundial de geração de energia núcleo-elétrica, instalada e prevista, revela que a opção nuclear ocupará distintos planos de importância nos planejamentos nacionais. Em relação aos países desenvolvidos, há expectativas de estabilização de demandas de energia e tendência de descomissionamentos de capacidades instaladas, e de não programação de novas centrais núcleo-elétricas, por força de políticas responsivas ou não a pressões ambientalistas. Em

contrapartida, prevê-se que o aumento substancial na demanda global de energia nas próximas décadas ocorrerá principalmente nos países em desenvolvimento, forçando a inclusão da opção nuclear nos planejamentos.

O Brasil, que atravessa uma conjuntura de escassez de energia, inevitavelmente terá de considerar a possibilidade da geração núcleo-elétrica vir a compor uma fração mais significativa da matriz energética nacional, o que colocará a necessidade de planejar o suprimento de urânio além do que já é demandado pelos dois reatores de Angra dos Reis e dentre as fontes de urânio apresentadas no Quadro 2.1, o Brasil pode efetivamente contar com o urânio novo produzido pela mina de Lagoa Real-Ba.

Embora o Brasil ocupe hoje a sexta posição mundial como detentor de recursos minerais de urânio, as posições ocupadas por sua indústria do urânio e sua indústria núcleo-elétrica nos cenários nacional e mundial são bastante modestas. A razão pode ser atribuída ao abundante potencial hídrico nacional que enseja uma política de geração de energia elétrica através da construção de um sistema de centrais hidroelétricas que produzem, segundo LORA (2000), mais de 87% da energia elétrica do país, ficando a energia núcleo-elétrica com 2% de participação que, pelas previsões apresentadas, não deve se alterar a médio prazo. Mesmo assim, as projeções apontam para a necessidade de aumentar a produção atual de urânio para atendimento da demanda nos próximos 5 anos.

Pela Tabela 2.3, a previsão de demanda de urânio do Programa Nuclear Brasileiro para o período de 2000 até 2015 varia de 7.170 tU a 12.310 tU. Pela Tabela 2.5, a previsão de produção doméstica, no mesmo período, varia de 4.200 tU a 7.575 tU, para as capacidades de produção designadas como A e B. Note-se que estas implicam o plano de aumentar a produção de Lagoa Real, de 250 para 575 tU/ano a partir de 2005. Tal aumento de capacidade de produção seria suficiente para atender apenas a demanda mais conservadora, se essa capacidade tivesse sido alcançada desde 2000. Portanto, para atender o pico da demanda prevista, será preciso aumentar ainda mais a capacidade de produção de Lagoa Real, a partir de 2005, por um fator de 1,63 vezes, para alcançar a produção de 937 tU/ano. Haveria também a possibilidade de complementar a capacidade de produção requerida, através da implantação do Complexo Industrial de Itataia, Ceará, para aproveitar uma jazida de urânio associado a rocha fosfática. Os recursos brasileiros de urânio, de acordo com a Tabela 6, são de 162 mil tU de RAR, mais 100 mil tU de EAR-I. Isso daria, pelas contas de MATOS e RUBINI (1998), para

recarregar os reatores de Angra I e II por 30 anos, e abastecer Angra III, que pela Tabela 2.2 entraria em operação em 2005.

Se a sociedade brasileira, por via do Conselho Nacional de Política Energética, tomar alguma decisão de construir outros reatores nucleares, além do previsto Angra III, forçoso será investir na exploração e pesquisa de novas jazidas, caso se queira manter um programa independente do suprimento de urânio por outros países.

### **CAPÍTULO 3      EVOLUÇÃO DA POLÍTICA E DA REGULAÇÃO RELACIONADAS À INDÚSTRIA DO URÂNIO NOS PAÍSES SELECIONADOS**

Um dos assuntos de destaque na pauta do diálogo internacional após a II Guerra Mundial é aquele que trata das inter-relações entre desenvolvimento e o meio ambiente. Este tema certamente aflorou na consciência mundial com 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, de modo a assegurar uma sociedade, uma economia e um meio ambiente saudáveis, de acordo com os conceitos do desenvolvimento sustentável. Historicamente, pode-se considerar que esta nova consciência tomou força com o lançamento do livro “Primavera Silenciosa” (*Silent Spring*) da bióloga norte-americana Rachel Carson, em 1962. No livro, a autora analisou as conseqüências decorrentes do crescente uso de pesticidas sobre o meio ambiente e o ser humano, demolindo a idéia de que o meio ambiente tinha uma capacidade infinita de absorver poluentes. As ações mais organizadas deram-se a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo - Suécia em 1972, que tinha 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 numerosos países.

A indústria do urânio, nascida com a II Guerra Mundial, está se desenvolvendo, sendo submetida e adaptando-se a todas as variações de conceitos e preconceitos decorrentes dessa filosofia de desenvolvimento. Os principais eventos que influíram na indústria do urânio 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; e, evolução dos conceitos da política de proteção ambiental. Um levantamento histórico desses eventos nos países comparados, organizados em ordem cronológica é apresentado neste capítulo.

### 3.1. Austrália

Na Austrália, os estados e os territórios são os primeiros responsáveis pela administração dos principais aspectos das atividades de mineração, da saúde pública e proteção ambiental, possuindo competência para editar leis e regulamentos das atividades da indústria da mineração e para estabelecer agências governamentais ou departamentos reguladores e fiscalizadores, inclusive sobre a indústria e o gerenciamento dos rejeitos de minas e usinas de tratamento químico do minério de urânio.

O Governo Federal (*Australian Commonwealth*), não participa da regulamentação ou fiscalização direta das minas e usinas de urânio, porém controla a exportação desse bem mineral e atua de modo a assegurar as responsabilidades da Austrália decorrentes de acordos internacionais. Isto possibilita ao Governo Federal estabelecer regras para o desenvolvimento dos depósitos de urânio, apresentadas na forma de exigências ambientais, adicionais às exigências específicas estabelecidas pelos estados e territórios. As exigências do Governo Federal são feitas diretamente às empresas, na forma de condicionantes à aprovação de contratos de exportação (WALKER et al, 1983; NEA, 2000).

#### 3.1.1. Leis e Regulamentos Federais da Indústria do Urânio

A primeira regulamentação da indústria de urânio na Austrália foi feita em 1946, com a aprovação do *Atomic Energy (Control of Materials) Act, 1946*. Esta lei visava, estritamente, garantir o suprimento de urânio para os programas nucleares militares da Inglaterra e dos EUA. Embora tivesse sofrido modificações em 1952, a lei foi revogada em 15 de abril de 1953, quando foi aprovada nova lei de energia atômica, o *Atomic Energy Act, 1953*. Através dessa lei, foi criada a *Australian Atomic Energy Commission (AAEC)*, “com o objetivo de desenvolver o uso pacífico da energia nuclear”. Esta foi uma mudança radical na política australiana, a qual passou a restringir o uso do seu urânio para fins armamentistas. A lei de 1953 sofreu uma série de emendas com a aprovação do *Atomic Energy Act, 1958* e quando entrou em vigor o *Statute Law Revision (Decimal Currency) Act, 1968*. A legislação nuclear do país foi totalmente reformulada através do *Atomic Energy Act, 1973* e do *Statute Law Revision Act, 1973*.

As atribuições da AAEC eram: *“explorar e incentivar a exploração, mineração e tratamento de minerais de urânio ou de minerais contendo urânio associado; supervisionar as atividades de exploração, mineração e tratamento de minerais de urânio ou de minerais contendo urânio associado; cooperar com as autoridades dos estados em assuntos relacionados com a descoberta e mineração, tratamento, uso e disposição de urânio e minerais contendo urânio associado; negociar acordos de compra e venda de urânio e minerais contendo urânio associado; vender e dispor de materiais ou energia produzida por eles; desenvolver pesquisa e investigação relacionadas ao urânio e à energia atômica; promover treinamento de corpo técnico e científico em áreas relacionadas ao urânio e à energia atômica; incentivar a pesquisa em assuntos relacionados ao urânio e à energia atômica; estabelecer convênios com universidades e outras instituições ou pessoas para pesquisa em assuntos relacionados a urânio e à energia atômica; publicar relatórios científicos, técnicos, periódicos e artigos relacionados aos assuntos da Comissão”*.

Em maio de 1977, o Governo Australiano anunciou uma política detalhada de salvaguardas para a exportação de urânio, visando garantir o uso pacífico da energia nuclear, que incluía:

- seleção cuidadosa dos clientes;
- aplicação das salvaguardas efetivas da IAEA;
- acordos bilaterais com os países clientes;
- salvaguardas para retirada ou recuo;
- consentimento prévio do Governo Australiano para reexportação, enriquecimento e reprocessamento;
- segurança física;
- contratos de provisão de salvaguardas; e,
- esforços para reforçar as salvaguardas internacionais e multilaterais (NEA, 1977).

Em 1978, foi editado o *Atomic Energy Amendment Act, 1978*, com a definição de substâncias de interesse para a produção de energia atômica ou para pesquisa relacionada à energia atômica. Outra emenda, o *Atomic Energy Amendment Act (# 2)* introduziu regras detalhadas para revogação, mudança e assinatura de autorização, sob a lei de 1953, para desenvolver operações relacionadas com a mineração de substâncias prescritas. Ainda em 1978 foram aprovadas várias medidas relacionadas à exportação de urânio (NLB, 1979).

Em relação ao meio ambiente, a mais importante novidade foi a aprovação do *Environment Protection (Nuclear Codes) Act, 1978*, prevendo um mecanismo formal para que a *Commonwealth*, de comum acordo com os Estados e Territórios, desenvolvesse códigos de práticas nacionais, uniformes, aplicáveis às indústrias envolvidas com energia nuclear, com o objetivo de proteger a saúde e segurança da população e do meio ambiente contra os possíveis danos associados com as atividades nucleares. De acordo com esta lei, a aprovação de um código nacional ficou sujeita a consultas, feitas a nível técnico e político, e a comentário público. A implementação das medidas estabelecidas nos códigos aprovados é de responsabilidade dos Estados e do Território do Norte através de seus próprios mecanismos de legislação e controle (FRY e MORISON, 1982; NLB, 1979). Sob esta legislação, foram emitidos os três códigos principais para a indústria de mineração de urânio:

- ***Code of Practice on Radiation Protection in Mining and Milling of Radioactive***

***Ores, 1980*** - Este é reedição do código de prática sobre proteção radiológica em mineração e usinas de tratamento de minérios radioativos editado em 1975 pelo *Commonwealth Department of Health*. O código invoca o princípio da otimização, preconizando que a exposição à radiação ionizante seja a mais baixa dentro do razoável, tanto para trabalhadores diretos como para a população local, o que implica a minimização do lançamento de materiais radioativos no meio ambiente. As normas de proteção radiológica devem seguir as normas técnicas específicas, conforme estabelecido no código, mas deixa a especificação dos padrões técnicos sob responsabilidade das autoridades dos Estados e Territórios, de acordo com suas realidades e problemas específicos (FRY e MORISON, 1982). Em 1987, esse código foi revisto para adaptar-se às novas exigências de proteção radiológica, explicitando que o projeto, construção e operação de uma instalação de estocagem e embalagem de concentrado de urânio devem também seguir o princípio Alara (NLB, 1987).

- ***Code of Practice on the Management of Radioactive Wastes from the Mining and Milling of Radioactive Ores, 1982*** - Seu objetivo é a proteção da população e do meio ambiente, a curto e longo prazo, dos possíveis efeitos nocivos associados a rejeitos radioativos produzidos em todas as etapas de mineração e processamento de minério radioativo. O código estabelece diretrizes básicas para serem aplicadas no gerenciamento de rejeitos radioativos mas, embora não trate de

rejeitos não radioativos, salienta que as exigências de outras leis, relacionadas a estes rejeitos, também devem ser implementadas (FRY e MORISON, 1982; NLB, 1982). Define duas diretrizes básicas para o gerenciamento de rejeitos radioativos. Primeiro, que a liberação de materiais radioativos do local da mina para o meio ambiente, durante e depois da vida de operação da mineração deve ser minimizada. Os efluentes radioativos só devem ser liberados de um local de mineração para o meio ambiente de forma controlada e dentro de limites pré-definidos, estabelecidos com a finalidade de minimizar as quantidades liberadas. As liberações de material radioativo que não puderem ser controladas desta maneira (ex.: drenagem de bacias e de barragens de rejeitos) devem ser minimizadas pelo uso das melhores tecnologias disponíveis (*Best Practicable Technology* (BPT)).<sup>17</sup>

A segunda diretriz estabelece que a deposição final dos rejeitos radioativos e a remediação dos locais devem ser conduzidas de forma a propiciar a minimização das necessidades de inspeção, monitoração e manutenção depois do término das responsabilidades da licença ou, preferencialmente, que elas se tornem desnecessárias (FRY e MORISON, 1982). O código prevê também providências necessárias para a implementação de possíveis inspeções, monitorações e manutenção. Embora o código atribua aos proprietários de minas e usinas as responsabilidades pelo gerenciamento de seus próprios rejeitos (NLB, 1982; WALKER et al, 1983), é previsto que, após o término das responsabilidades da licença, caso sejam consideradas necessárias novas medidas de proteção, elas terão de ser executadas pelo Estado onde a mina estiver localizada. Como prevenção, é exigida a apresentação, antes do início da operação de uma mina ou usina de urânio, de um programa de gerenciamento de rejeitos, para todo o ciclo de vida do empreendimento o qual necessita de aprovação dos órgãos governamentais de controle. Esse programa deve ser periodicamente revisto e otimizado. Um plano final de gerenciamento de rejeitos detalhando o programa de descomissionamento, estabilização e remediação do meio ambiente deve ser desenvolvido e aprovado antes do encerramento definitivo da operação. Programas de monitoramento pré operacional, operacional e pós-operacional devem ser implementados, de

---

<sup>17</sup> *Best Practicable Technology* é definida no código como sendo aquela tecnologia, relevante, existente na época de implantação ou modificação de um projeto específico, a qual permite que os rejeitos radioativos sejam gerenciados de modo a minimizar os riscos radiológicos e os detrimntos das pessoas e do meio ambiente, levando em conta um número específico de fatores como: a disponibilidade da tecnologia; o custo relativo da proteção atingida; a proporção da proteção que está sendo obtida; as condições do local e o perigo potencial dos rejeitos a longo prazo (FRY e MORISON, 1982).



modo apropriado, para demonstrar que a operação está de acordo com as exigências regulatórias aprovadas (FRY e MORISON, 1982).

- ***Code of Practice on Safe Transport of Radioactive Substances, 1982*** - Regulamenta o transporte de minério das minas até as usinas de tratamento e a estocagem de minério nos pátios, bem como o transporte e estocagem de concentrado de urânio (*yellow cake*). Este código foi revisto em 1990, quando foi previsto que as normas de proteção radiológica também estarão sujeitas às recomendações do *Australian National Health and Medical Research Council* (NLB, 1991).

Visando facilitar os licenciadores e autoridades estaduais na interpretação das exigências dos códigos e no desenvolvimento de normas, os códigos são acompanhados de guias (*guides*). Como exemplos, há guias sobre: mineração por lixiviação *in situ*; bacias de rejeitos; estabelecimento dos limites de lançamento e desenvolvimento de programas de monitoração associados; desenvolvimento de programas de gerenciamento de rejeitos; gerenciamento de águas; remediação e descomissionamento; técnicas de monitoração; gerenciamento de pilhas de lixiviação; gerenciamento de pilhas de bota-fora e de estoque de minérios; emissão de aerossóis; e, estocagem e embalagem de concentrados de urânio.

Em agosto de 1980, o Governo Federal estabeleceu um Comitê para conduzir uma revisão na Lei da Energia Atômica de 1953 e de suas emendas. De posse do relatório do Comitê e após consultar o *Uranium Advisory Council* as autoridades decidiram pela necessidade de mudanças significantes na legislação nuclear federal e dos Estados. O Governo Federal considerou que a legislação na sua forma atual não previa uma base apropriada para o desenvolvimento, regulamentação e controle das atividades nucleares e estava decidido a modificar as leis visando assegurar que as obrigações nacionais e seus interesses fossem assegurados, com particular atenção às exigências internacionais de não proliferação de armas nucleares (NLB, 1981). As providências do Governo Federal foram tomadas em 1985, conforme descrito mais abaixo.

Em 1982, foi aprovado o *Radiation Protection and Control Act*, que prevê o controle das atividades relacionadas com a mineração, processamento e deposição de rejeitos colocando na forma

de lei os códigos de prática do Governo Federal (Código da Saúde; Código de Gerenciamento de Rejeitos e Código de Transporte) (NEA,1999).

Em 1983, o Governo Federal, do Partido Trabalhista, iniciou a chamada “política das três minas” como um meio de controlar estritamente cada aspecto do ciclo dos combustíveis nucleares. Esta política estabelecia que só poderiam estar em operação no país um máximo de três minas de urânio, limitando-se assim o impacto negativo que esta atividade causaria. Houve considerável oposição a essa política principalmente por parte dos partidos de oposição e proprietários de minas. Em 1991, um estudo feito por uma comissão independente de indústrias recomendou que a política de três minas fosse abandonada e que os controles do governo na indústria se limitassem a assegurar as salvaguardas. A comissão também recomendou que o governo permitisse o enriquecimento de urânio, sujeito a rigorosas salvaguardas ambientais e de outras categorias. Os partidos de oposição apoiaram as recomendações nas eleições de 1993. Entretanto, com a reeleição do Partido Trabalhista, a política das três minas continuou. Em 1994, o assunto foi debatido na convenção do partido e adiado para a convenção de 1997.

As empresas produtoras de urânio, capitaneadas pela *Energy Resources of Australia Ltd.* (ERA), defendiam seus interesses alegando que a suspensão da política das três minas permitiria maior exportação de urânio, o que resultaria num aumento imediato de empregos, de pagamento de *royalties* e de impostos. Para essa empresa, a suspensão da lei deveria começar a vigorar até 1996 e se isso não acontecesse, haveria um aumento do domínio do mercado mundial de urânio pelos produtores de Saskatchewan, no Canadá, o que criaria incertezas nas intenções australianas de ser um fornecedor mundial confiável (NUCLEAR FUEL, 1993). O governo da coalizão liberal/nacional, eleito em março de 1996, revogou as políticas do Partido Trabalhista que restringiam o desenvolvimento de novas minas de urânio no país, inclusive a política das três minas. A partir dessa data, a política do Governo Federal tem sido a de aprovação de novas minas de urânio, visando a exportação, respeitando as exigências ambientais, a lei de herança das tribos indígenas e as salvaguardas nucleares. Onde os interesses aborígenes estão envolvidos, o governo está obrigado a assegurar uma consulta pública extensiva nas comunidades aborígenes afetadas, antes da aprovação dos projetos (NEA, 1998).

Finalmente, em 1985, o Governo Federal enviou ao parlamento vários projetos de leis dentro da filosofia de uniformizar a estrutura reguladora das atividades nucleares na Austrália e a implementação de uma nova política nuclear, visando, entre outras providências, “o

*redirecionamento do desenvolvimento dos recursos de urânio da Austrália para fins pacíficos, reforçando o regime internacional de não proliferação e a concordância com suas obrigações assumidas em acordos internacionais*”. A legislação proposta revogava quase todas as leis sobre a energia atômica existentes no país, incluindo a que instituía a AAEC, criando em seu lugar a *Australian Nuclear Science and Technology Organization* (ANSTO) que ficaria ligada ao *Minister for Resources and Energy* tal como acontecia com a AAEC. As pesquisas passariam a dar maior ênfase à aplicação de radioisótopos e radiação na medicina, indústria, agricultura, ciência e comércio, ficando proibida a realização de pesquisa e desenvolvimento para projetar e produzir armas e explosivos nucleares. As funções da AAEC relacionadas à mineração, venda de urânio e à construção e operação de plantas e equipamentos de energia nuclear desapareceriam (NLB, 1986).

Os projetos enviados ao Congresso foram transformados em leis em 1987 e entraram em vigor no dia 26 de abril de 1987, com os seguintes títulos: *Australian Nuclear Science and Technology Organization Act* (# 3); *Australian Nuclear Science and Technology (Transitional Provisions) Act* (# 4) e *Atomic Energy Amendment Act, 1987* (# 5), fazendo-se assim uma reorganização das atividades nucleares do país, mudando o foco das pesquisas antes dirigidas para o ciclo dos combustíveis, principalmente para a geração de energia elétrica, em direção a outros usos pacíficos dos radionuclídeos (NLB, 1987).

Em 1992, foi aprovado o *Australian Nuclear Science and Technology Amendment Act* (# 83) emendando a lei que criou a ANSTO em 1987. A principal mudança relacionada à indústria do urânio foi que o *Nuclear Safety Department* tornou-se uma corporação independente da ANSTO, passando a funcionar como monitor e revisor da segurança em qualquer instalação nuclear de propriedade da ANSTO e a dar suporte técnico à *Commonwealth* sobre segurança de reatores nucleares (NLB, 1994).

Em 1994, o Governo Federal aprovou a racionalização das exigências reguladoras relacionadas à mineração de urânio na região de Alligator Rivers, onde está localizada a mina de Ranger, celebrando um acordo com o governo do território e mantendo as exigências ambientais pré existentes e com os seguintes procedimentos:

- o Governo do Território do Norte continuaria responsável pela regulamentação da mina;
- o Governo Federal deteria as regras de supervisão e pesquisa mas, visando diminuir custos, o trabalho seria feito pelo *Office of Supervising Scientists* (OSS) e o *Environmental Research*

*Institute of the Supervising Scientist (ERISS)*, que recebem a orientação dos programas de pesquisas da *Commonwealth Environmental Protection Agency (Cepa)*;

- seriam melhorados os mecanismos de consulta aos grupos de interesse, incluindo os aborígenes.

Em 23 de novembro de 1998, foi aprovado o *Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Act, 1998* que prevê a estrutura legal para a proteção da saúde e segurança do público e do meio ambiente contra os efeitos nocivos da radiação e institui a *Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (Arpansa)* como novo órgão regulador nacional. Essa lei sofreu emendas em 1999 e 2000, incluindo-se as taxas de licenciamento de instalações nucleares (NLB, 1999). As competências da Arpansa são:

- promover a uniformização da política e da prática de proteção radiológica e segurança nuclear através das jurisdições da *Commonwealth*, dos Estados e Territórios;
- assessorar o Governo e a comunidade sobre proteção radiológica e segurança nuclear;
- desenvolver pesquisas e serviços relacionados à proteção radiológica, segurança nuclear e exposições a radiação para fins medicinais; e
- controlar todas as entidades da *Commonwealth* (incluindo departamentos, agências e órgãos) envolvidas com radiação, em atividades nucleares ou distribuição e comércio.

### **3.1.2. Legislação Ambiental**

Em 1974, em função das mudanças na filosofia de proteção ambiental ocorridas após a conferência de Estocolmo, foi aprovado o *Environmental Protection (Impact of Proposals) Act, 1974* prevendo, para aprovação de novos projetos, a exigência da apresentação de um relatório de impacto ambiental (*Environment Impact Statement (EIS)*), e a exigência de aprovação desse relatório pelo Governo Federal. Essa lei também estabeleceu a figura jurídica da audiência pública como parte do processo de licenciamento dos projetos em análise (LOOTENS e KIERNAN, 1990; NEA, 2000). Foi com a força desta lei que, em 1975, o Governo Federal instruiu o maior inquérito público do país sobre os impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento dos depósitos de urânio, o *Ranger Uranium Environmental Inquiry (RUEI)* também conhecido por *Fox Inquiry*. O RUEI, foi presidido por um juiz da Suprema Corte do Território da Capital Australiana e teve como objetivo uma avaliação dos aspectos ambientais na localidade de Ranger, em Jabiru, na região do Alligator Rivers, Território do Norte e se estendeu por 11 meses,

tendo sido ouvidas 303 pessoas, o que gerou um total de 12.575 páginas. O inquérito resultou em dois relatórios: o primeiro, em outubro de 1976, sobre as grandes questões associadas ao desenvolvimento da energia nuclear e o segundo, em maio de 1977, sobre os efeitos sobre o meio ambiente da região de Alligator Rivers (McCOOL, 1980). Após detalhada análise das recomendações feitas nesses relatórios, o Governo Federal acatou as recomendações, através de uma série de atos parlamentares, publicados em agosto de 1977, e anunciou que a expansão da indústria de mineração e exportação do urânio australiano deveria continuar se desenvolvendo. Esta decisão iniciou uma nova era de desenvolvimento da mineração de urânio no país (WALKER et al, 1983).

Em 1978, devido aos seus interesses na região de South Alligator River no Território do Norte (o Governo Federal é o proprietário das reservas de urânio locais desde 1953), e atendendo as recomendações do relatório do RUEI, a *Commonwealth* aprovou o *Environment Protection (Alligator Rivers Regions) Act, 1978* (NLB, 1979). Essa lei criou o *Office of the Supervising Scientist* (OSS) com o objetivo de coordenar e supervisionar as atividades desenvolvidas pelas agências reguladoras do meio ambiente naquela região. A lei também criou um instituto de pesquisa, com prerrogativas de desenvolver estudos de avaliação do impacto ambiental das minas de urânio em desenvolvimento na região, incluindo-se aí a avaliação dos impactos sobre a população local. O termo “operação de minas de urânio” foi definido de forma ampla a abranger qualquer atividade relacionada à exploração e exploração desse bem mineral. A lei também previu a formação de um comitê coordenador para a região de Alligator Rivers com a função de rever e aprovar programas de pesquisa sobre os efeitos decorrentes da operação das minas de urânio sobre o meio ambiente da região (NLB, 1979; WALKER et al, 1983), e do *Alligator Rivers Region Research Institute* (ARRRI). Em 18 de maio de 1987, essa lei foi emendada visando dar maior precisão na identificação geográfica de uma região de interesse, pela modificação da definição de operação de uma mina de urânio e a inclusão de novas definições como “zona de conservação”, “operações gerais de mineração” e “operações de mineração”. A emenda prevê ainda, um aumento das atribuições do comitê de cientistas supervisores, passando a incluir: o desenvolvimento de programas de pesquisa e de coleta de informações relacionadas à avaliação dos efeitos ambientais de operações gerais de mineração; a coordenação e supervisão desses programas e o desenvolvimento de normas, práticas e procedimentos para proteção do meio ambiente nas zonas de conservação, bem como de medidas para proteção e restauração do meio ambiente. As funções do ARRRI também

foram reformuladas, passando o mesmo a contar com uma seção voltada para pesquisas sobre mineração em geral, em zonas de conservação (NLB, 1987). Ainda em 1978, foi aprovado o *Environment Protection (Northern Territory) Supreme Court Act, 1978* prevendo exigências relacionadas aos efeitos ambientais decorrentes da operação de minas de urânio na região de Alligator Rivers. Esta lei aumenta a abrangência da definição de “operações de minas de urânio” incluindo a construção e uso de vilas, represas, pátios, bacias de rejeitos, minerodutos, linhas de transmissão de energia elétrica e outras estruturas necessárias à operação das minas (NLB, 1979). Em 1993, o *Environment Protection (Alligator Rivers Regions) Act, 1978* foi emendado e o OSS passou assessorar o Ministério do Meio Ambiente. Assim o OSS passou a ser um órgão da *Commonwealth Environmental Protection Agency* pertencente ao *Commonwealth Department of Environment* e o ARRRI passou a se chamar *Environmental Research Institute of the Supervising Scientist* (ERISS), recebendo a orientação dos programas de pesquisas da CEPA (NLB, 2000).

Em 1999, entrou em vigor o *Environment Protection and Biodiversity Conservation Act and Regulations*. A lei estabelece exigências e procedimentos para o relatório de impacto ambiental para sete assuntos nacionais de importância ambiental, sendo que um deles é a proteção do meio ambiente das “ações nucleares” que inclui a mineração ou usina de tratamento químico de minério de urânio. Quem determina a necessidade ou não de um relatório de impacto ambiental é o *Commonwealth Minister for the Environment and Heritage*. A lei proíbe a aprovação de fabricas de combustíveis nucleares, reatores nucleares para gerar energia elétrica e plantas de enriquecimento ou de reprocessamento (NLB, 2000).

### 3.1.3. Legislações Estaduais

Os Estados e Territórios também aprovaram leis de controle das atividades nucleares. O Estado da Austrália Ocidental (*Western Australia*), em 30 de novembro de 1978, tendo como respaldo legal o recém aprovado *Environment Protection (Nuclear Codes) Act, 1978* da *Commonwealth*, aprovou o *The Nuclear Activities (Western Australian) Regulation Act, 1978*, prevendo normas e controle das atividades nucleares e a redação e adoção de um código de práticas para estas atividades. O objetivo da lei é a proteção da saúde dos trabalhadores e da população do estado contra os efeitos nocivos das atividades nucleares (NLB, 1980). O *Code of Practice on Radiation Protection in the Mining and Processing of Mineral Sands, 1982* entrou em

vigor em 1 de setembro de 1982, com o objetivo de prevenir, limitar e minimizar a exposição dos operadores à radiação ionizante, em todos os estágios de mineração e tratamento de areias minerais, prevendo a cobrança de taxas, a adoção de práticas de gerenciamento de rejeitos e a remediação dos locais onde a mineração ou o processamento de minério de urânio tenha cessado, de modo a deixar o nível de radiação médio do local, abaixo de um valor definido (NLB, 1984). Em 21 de fevereiro de 1983, entrou em vigor nesse mesmo Estado o *Radioactive Safety (General) Regulations*, regulamentando as atividades de segurança nos trabalhos com radiação ionizante, inclusive aqueles com minérios de urânio (NLB, 1984).

O Território do Norte (*Northern Territory*) editou em 21 de julho de 1980, a Norma nº 30, *Radioactive Ores and Concentrates (Packing and Transport) Regulations, 1980*, definindo as práticas a serem seguidas pelos proprietários de licenças para transportar e estocar esse tipo de material (NLB, 1984). Em 25 de setembro de 1981, o Território do Norte promulgou, com base na lei de controle de segurança de minas, o *Mines Safety Control (Radiation Protection) Regulations, 1981*, prevendo a cobrança de multas dos proprietários, gerentes e empregados de minas por falta de observação das exigências de proteção radiológica. A norma também estabelece padrões de radiação e limites de exposição, para empregados e membros do público, exigências de avaliação da saúde do empregados na forma de exame médico e providências quanto ao gerenciamento de rejeitos radioativos (NLB, 1984). O *Mining Act, 1982* prevê que o empreendedor deve desenvolver a lavra e outras atividades de modo a causar mínimo distúrbio ao meio ambiente e seguir as exigências do *Northern Territory Department of Mines and Energy*. O *Mine Management Act, 1990* prevê a inspeção e gerenciamento da operação das minas (NEA, 2000).

O Estado da Austrália do Sul (*South Australia*) aprovou em 29 de abril de 1982, o *Radiation Protection and Control Act*, prevendo um sistema de licença para o tratamento de minério radioativo e para o uso e manuseio de substância radioativa (NLB, 1983). Com base na Lei de 1982, o Estado editou, em 4 de abril de 1985, a Norma nº 47, sobre as atividades que utilizam a radiação ionizante. Entre outras exigências é prevista a necessidade de licença para trabalhar com substâncias radioativas, inclusive minério de urânio, prescreve as normas e procedimentos de proteção radiológica, regulamentando a licença, venda, construção, manutenção e uso de substâncias radioativas, de aparelhos que emitem radiação, e de minérios

radioativos. A competência para administrar a norma, incluindo a mineração de urânio, ficou com a *South Australian Health Commission* (NLB, 1985).

Em 23 de junho de 1983, entrou em vigor, no Estado de Vitória (*Victoria*), o *Nuclear Activities (Prohibitions)*, proibindo a qualquer pessoa a exploração, mineração ou lavra de urânio e tório, apesar dos termos de qualquer título de mineração expedido. No entanto, o proprietário de um título minerário que extraia urânio e tório associado a um outro bem mineral não é alcançado pela lei mas é exigido que a quantidade desses materiais não ultrapasse os limites estabelecidos pela lei. A lei visa atender os objetivos de não proliferação da *Commonwealth* e proteger a saúde, o bem estar e a segurança da população do Estado e limitar a deterioração do seu meio ambiente (NLB, 1987). Em 17 de maio de 1983, o Estado de Vitória aprovou o *Health (Radiation Safety) Act, 1983*, contendo diretrizes para o registro e licenciamento de determinadas fontes radioativas e alterando certas exigências de licenciamento (NLB, 1984).

Em 18 de dezembro de 1986, o Estado de Nova Gales do Sul (*New South Wales*) aprovou o *Uranium Mine and Nuclear Facilities (Prohibition) Act*, proibindo a prospeção e mineração de urânio no Estado com o objetivo de proteger a saúde, a segurança e bem estar da população e a proteção do meio ambiente. A lei prevê que uma autorização ou licença adquirida com base no *Mining Act, 1973* não dá a seu proprietário o direito de exploração de urânio e prevê multas de até A\$ 100 mil pelas irregularidades (NLB, 1987).

No Território da Capital Australiana (*Australia Capital Territory*) as atividades de mineração são proibidas (NLB, 1997; NEA, 2000).

### 3.2. Canadá

O Canadá está politicamente dividido em Províncias e Territórios cujas respectivas jurisdições são definidas na Constituição - *Canadian 1987 Constitution Act*. A regulamentação ambiental do país envolve autoridades federais e provinciais. Pelo *British North American Act*, 1876 (BNA), ato que criou o Canadá, todas as terras, minas, minerais e *royalties* deles derivados são propriedades das províncias (BRAGG et al, 1982). O urânio, do mesmo modo que outros recursos naturais, é propriedade das províncias e territórios e as atividades de exploração desse bem mineral e a aquisição de terras para esse fim são assuntos de jurisdição provincial. A regulamentação dessas atividades varia entre as províncias e os territórios federais. Muitos aspectos da exploração e



produção de urânio estão sujeitos às regulamentações das províncias em concordância com aquilo que é pré-requisito para a emissão das licenças apropriadas do *Atomic Energy Control Board* (AECB) (NEA, 1986).

### 3.2.1. Leis e Regulamentos Federais da Indústria do Urânio

Em 1946, usando seu poder de acordo com a Seção 92.10 (c) do BNA que permite declarar um local de trabalho ou empreendimento como bem geral do Canadá, o Governo Federal promulgou o *Atomic Energy Control Act, 1946* (AEC) que criou o AECB que passou a ser a agência federal controladora das minas de urânio no Canadá. Seu principal mecanismo para exercer esse controle era a aplicação de regulamentos e a emissão de licença com enfoque na segurança nacional (FROST, 1990). Para permitir maior eficácia, o AECB adotou como política atuar como um coordenador de várias intenções das províncias e de outras agências federais, usando como consultores outros departamentos de Estado como, por exemplo, o *Environment Department* no caso de revisão ambiental ou para estabelecer os limites de liberação de efluentes. Para o desenvolvimento de usos pacíficos da energia nuclear, foi criada em 1952 a *Atomic Energy Canada Limited* (AECL), que é uma corporação do Governo Federal responsável pela execução do desenvolvimento tecnológico do Canadá na área nuclear.

Em 17 de março de 1960, foi aprovada a norma *Canadian Atomic Energy Control Regulations* que, após sofrer alterações em 1964 e 1972, foi revogada e substituída por uma outra em 30 de maio de 1974. Uma das providências trazidas foi o estabelecimento de cláusulas para o requerimento de uma licença incluindo os tipos de informações exigidas e os tipos de imposições que serão feitas ao solicitante da licença. As licenças de atividades envolvidas com a extração e o uso de urânio são normalmente exigidas para as instalações onde se verifica remoção acima de 10 kgU/ano para materiais com concentração acima de 0,05% de U (NLB, 1972; NLB, 1974).

A política de exportação de urânio somente para usos pacíficos foi implantada em 1965, o que é garantido por acordos contendo exigências de salvaguardas com seus parceiros comerciais de urânio. Exigências de salvaguardas têm sido estabelecidas desde 1976 e todas as vendas de urânio desde o início dos anos 60 foram exclusivamente para programas civis de produção de energia elétrica (HAMEL e HOWIESON, 1982).

Até meados de 1970, o *Atomic Energy Control Act* de 1946 foi usado principalmente para controlar a produção de urânio e para o gerenciamento do urânio produzido. De acordo com a política do Governo Federal, com exceção dos assuntos de segurança nacional e política estrangeira, as minas de urânio deveriam estar sujeitas às mesmas regras aplicadas pelas províncias às minas de outros bens minerais. Assim, os aspectos ambientais da mineração de urânio eram também controlados pelas províncias de modo similar ao usado às outras minas, o que, com o correr do tempo, concluiu-se não ter sido uma postura totalmente adequada. A partir dos anos 70 foi dada muito mais ênfase à proteção ambiental no Canadá e o AECB e os departamentos ambientais das províncias começaram a exercer um controle mais rigoroso sobre os efeitos ambientais da indústria do urânio (BRAGG et al, 1982).

Em janeiro de 1971, o AECB iniciou seu primeiro projeto destinado a estabelecer um conjunto de critérios a serem aplicados ao fechamento de minas de urânio. O estabelecimento de normas e guias para a indústria de mineração foi iniciado em janeiro de 1973, aplicadas somente à mineração e indústria de metais pesados, urânio e minério de ferro. As normas aplicavam-se somente às minas novas enquanto os guias aplicavam-se a todas as que estavam em operação. Foi criada uma força tarefa mista entre indústrias e órgãos governamentais para ajudar a elaborar as regulações de controle de efluentes e guias para as indústrias (SCOTT, 1974).

Embora as atividades de minas de urânio tenham sempre sido sujeitas às exigências de lei e normas, um sistema de licenciamento específico foi colocado em prática em 1976. A emissão de licenças para operação de minas de urânio feitas pelo AECB passou a ser concedida somente depois de assegurado que elas não trariam efeitos adversos significativos para a saúde e segurança dos trabalhadores das minas e de indivíduos do público. Após a adoção do *Environmental Assessment and Review Process* (EARP) em 1973, o AECB passou a trabalhar de acordo com a legislação vigente, embora houvesse sobreposição legal. De acordo com a definição do EARP, o AECB era considerado um “*departamento iniciador*” isto é, um departamento ou agência federal que tinha autoridade para tomada de decisão relativa a um projeto. O guia do EARP, *EARP Guidelines Order* (EARPGO), emitido em 1984, exigia que todo departamento iniciador levasse em conta os impactos ambientais o mais cedo possível, sendo de responsabilidade do departamento iniciador analisar se havia necessidade de um julgamento público e, em caso positivo, tomar a iniciativa para que isso ocorresse, submetendo o processo ao *Environment Department* (NEA,1999).

Em 1º de maio de 1980, o AECB implementou uma nova política para acesso do público a todas as informações relacionadas aos processos de licenciamento nuclear tornando disponível à avaliação pública todas as licenças e autorizações emitidas de acordo com as normas de controle da energia atômica e todos os documentos a elas relacionados. Toda informação sobre implantação de uma mina de urânio ou tório, reator nuclear, planta de reprocessamento de combustível usado, planta de enriquecimento de urânio e planta de água pesada passou a ser comunicada ao público. Informações sobre certas atividades, em particular as que sejam confidenciais em decorrência de acordos internacionais e cuja liberação possa colocar em risco a segurança, informações comerciais ou de propriedade industrial são submetidas a uma análise antes de se decidir pela sua liberação (NLB 1980). Depois da implementação desta política, *The State Secretary* introduziu um Projeto de Informação Geral, em 17 de julho de 1980, relacionando as atividades nucleares com o princípio da liberdade de legislação sobre informação, criando um direito público de acesso às informações governamentais e à legislação privada, estendendo os direitos individuais de acesso a, e proteção da, informação pessoal em assuntos governamentais, eliminando o privilégio absoluto da Coroa, dando às cortes direito de acessar todos os documentos governamentais em tramitação (NLB, 1980).

O AECB emitiu o documento regulatório R-76, em 17 de maio de 1983, dando o primeiro passo formal para providenciar a participação do público nas atividades reguladoras do AECB e reconhecer a importância da contribuição feita pelo público no desempenho das responsabilidades regulatórias dessa agência. O documento formaliza uma prática que permite que partes interessadas tenham representação nos assuntos relacionados às suas responsabilidades o que inclui o desenvolvimento de normas prevendo, o controle de instalações nucleares e o controle de seu desenvolvimento e operação (NLB, 1984). Em 1985, o AECB adotou as *Rules Respecting the Proceedings of the AECB*, que definem o procedimento, comportamentos e responsabilidades para o processo de participação das partes interessadas em qualquer controle regulatório desenvolvido pelo AECB (NLB, 1985).

O *Revised Statutes of Canada, 1985*, entrou em vigor em 1988. Através dele houve a substituição do *Atomic Energy Control Act, 1946* por uma nova versão, detalhada no Capítulo A-16 dos Estatutos. Através desta nova versão, o AECB é reorganizado, sendo definido seus poderes, que incluem fazer a regulação do desenvolvimento, controle e licenciamento da produção, aplicação e uso de energia atômica (NLB, 1989).

Com base no *Atomic Energy Act, 1988*, o AECB emitiu os *Uranium and Thorium Mining Regulations*. O propósito desse regulamento é a proteção à saúde e segurança radiológica nas minas de urânio e tório. Na prática, ele formalizou as exigências prévias impostas a tais instalações, através de condicionantes ao processo de licenciamento. Uma mineração é definida como sendo um local de remoção ou escavação de minério, uma mina ou uma usina de tratamento, ou qualquer combinação delas. As licenças passaram a ser exigidas para: remoção de minério de urânio e tório; escavação de minério de urânio e tório; definição de local, construção ou operação de uma mina ou usina e descomissionamento de parte ou de toda a instalação mineral. A norma não se aplica à prospecção de urânio e tório (NLB, 1989).

Em março de 1997, entrou em vigor o *Nuclear Safety and Control Act* substituindo a antiga lei de controle da energia atômica que já tinha 50 anos. A lei foi redigida para tratar dos problemas criados por um estatuto que não tinha acompanhado o crescimento e a maturidade da indústria nuclear. Essa lei extingue o AECB, a mais antiga agência regulatória da energia nuclear independente do mundo e estabelece em seu lugar a *Canadian Nuclear Safety Commission* (CNSC) que substituiu efetivamente o AECB em 31 de maio de 2000. Esta mudança de nome não reflete somente a continuação do foco sobre assuntos de segurança pela agência regulatória mas, também, enfatiza que ela é completamente separada da AECL (NLB, 1997). Entre outras ações, a nova agência está autorizada a ordenar a remediação em situações perigosas e cobrar os custos dos responsáveis pelos danos. Pode também requerer garantias financeiras para licenças de instalações em descomissionamento (NLB, 2000). A CNSC também tem obrigação de trabalhar de maneira aberta e transparente dando ao público oportunidade de se envolver nos processos regulatórios das instalações nucleares incluindo a definição de políticas, decisões de licenciamento e programas de implementação.

### **3.2.2. Legislação Ambiental**

A previsão da necessidade de um processo de avaliação ambiental para a implantação de novos projetos foi originalmente estabelecida pelo Governo Federal em 1973 e ratificada em 1977, com algumas melhorias, com o nome *Environmental Assessment and Review Process*. O EARP foi criado para assegurar que os impactos ambientais adversos de todos os projetos que tivessem envolvimento do governo federal fossem avaliados na etapa de planejamento e previa a avaliação de

impacto ambiental, formação de comissão de julgamento para análises dos processos, relatório de impacto ambiental, audiência pública e relatório da comissão julgadora. Para gerenciamento desses processos foi criado o *Federal Environmental Assessment Review Office* (FEARO) dentro do *Department of Environment*. Em 1984, o Governo Federal emitiu um guia para explicar as regras, responsabilidades e procedimentos chamado *EARP Guidelines Order* (EARPGO). De acordo com esse guia, qualquer iniciativa, empreendimento ou atividade em que o Governo do Canadá tivesse a responsabilidade de tomada de decisão, deveria ser analisada pela EARP. Embora tenha sido revisto em 1987 este procedimento apresentava inúmeras brechas legais, com inúmeras sobreposições de competências. Entre 1989/1990 a *Federal Court of Appeal* atendendo ao apelo de ambientalistas, tomou decisões que acabaram convertendo o EARPGO numa exigência legal. Em 1992, a Suprema Corte do Canadá sustentou a constitucionalidade da EARPGO, o que tornou obrigatório que todas as tomadas de decisão governamentais se submetessem a esse guia. Além de uma mudança de postura e valores públicos esta decisão acelerou as reformas que estavam em andamento o que ocorreu com aprovação, em 1995, do *Canadian Environmental Assessment Act* (CEAA) o qual estava em tramitação desde 1990 (McEVEN, 1992; NEA, 1999).

O CEAA substituiu o EARPGO e estabeleceu pela primeira vez na legislação as responsabilidades e procedimentos para a avaliação ambiental de projetos envolvendo o Governo Federal. A lei reduziu as incertezas e a necessidade de interpretações de tribunais de justiça, estabeleceu as rotas de tramitação dos processos e colocou o desenvolvimento sustentável como um objetivo fundamental dos processos federais. Para acompanhamento desses processos pelo público estabeleceu um programa de fundo de participação. Com a redução das incertezas na tramitação do processo, a reforma também reduziu custos e perda de tempo de todos os participantes. O CEAA tem quatro objetivos definidos; i) assegurar que os efeitos dos projetos sobre o meio ambiente recebam cuidadosa consideração antes das autoridades responsáveis agirem; ii) encorajar aquelas autoridades a tomarem ações que promovam o desenvolvimento sustentável; iii) assegurar que os projetos desenvolvidos no Canadá ou em terras federais não causem efeitos adversos significantes no meio ambiente; e, iv) assegurar que haja uma oportunidade para a participação do público nos processos de avaliação ambiental (NEA, 1999).

### 3.2.3. Legislações Provinciais

Quanto à legislação das províncias, Ontario foi a primeira a estabelecer a sua lei de avaliação ambiental, o *Environmental Assessment Act*, 1975. Em 7 de junho de 1984, entraram em vigor as normas sobre saúde e segurança ocupacional em minas de urânio, os *Uranium Mines (Ontario) Occupational Health and Safety Regulations*. Feito de acordo com o AEC, seu propósito é estabelecer a uniformidade nas leis que governam a saúde ocupacional e segurança em minas, inclusive as de urânio, na Província de Ontário (NLB, 1984). Em 1996, um *Memorandum of Agreement* (MOA) sobre a divisão dos custos de gerenciamento de rejeitos de usinas de urânio abandonados foi assinado entre o Governo Federal e o Governo de Ontário, assunto que vinham discutindo desde 1984. O MOA reconhece que os atuais produtores de urânio, como os do passado, são responsáveis por todos os aspectos financeiros do descomissionamento e manutenção a longo prazo dos locais das minas de urânio e de deposição de rejeitos das usinas. No caso dos locais abandonados o acordo define como serão divididas as responsabilidades pelo gerenciamento a longo prazo e os custos associados (NEA, 1999).

Em 1976, mesmo antes da província se tornar o maior produtor de urânio do Canadá, o Governo de Saskatchewan criou o *Environmental Impact Assessment Branch* que, já em 1977, esteve envolvido em audiência pública sobre o projeto de mina de urânio de Cluff Lake e em 1979 com aquela do projeto de mina de urânio de Key Lake. Nesses processos o público foi ouvido sobre proteção ambiental, saúde e segurança de trabalhadores, desenvolvimento econômico e benefícios às comunidades locais. Em 1980, a lei foi revista (NEA, 1999). Em 1979 foi criado o *Mines Pollution Control Branch*, na província de Saskatchewan, e um programa para minas de urânio através do qual tem poder para fazer inspeção e monitoração para verificar se tudo está de acordo com os níveis e procedimentos aprovados (BARSÍ, 1988). Em 1980 foi aprovado o *Environment Assessment Act* de Saskatchewan que prevê a necessidade do empreendedor realizar uma avaliação de impacto ambiental do projeto e preparar e entregar um relatório de impacto ambiental. A lei prevê também a convocação de júri pelo governo estadual para avaliar todas as dúvidas de um projeto como também envolver pessoas do público na avaliação (SASKATCHEWAN, 1993).

### **3.3. Estados Unidos da América**

#### **3.3.1. Leis e Regulamentos Federais da Indústria do Urânio**

Nos EUA, a energia nuclear tornou-se objeto de regulamentação federal com a aprovação, pelo Senado, do *Atomic Energy Act*, 1946. Seu objetivo era assegurar que a energia nuclear fosse desenvolvida de maneira consistente e com segurança. Essa lei criou a *US Atomic Energy Commission* (USAEC) com competência para controlar a produção e o uso de material fissil e para desenvolver políticas de incentivo para o desenvolvimento da indústria do urânio.

Em 1954, essa lei foi alterada, visando estimular os empreendedores da iniciativa privada a participarem no desenvolvimento do uso da energia nuclear para fins pacíficos e assegurar ao governo federal o controle do processamento e do uso de fontes, subproduto e materiais nucleares especiais, através de um processo detalhado de licenciamento. Em 1956 a lei foi novamente alterada para: definir as respectivas competências dos estados e da USAEC no controle de fontes, subprodutos e materiais nucleares especiais; definir o sistema regulador para uso pelos estados; estabelecer procedimentos para transferência de responsabilidades da USAEC para os estados, quando da aprovação de programas regulatórios estaduais. A USAEC continuou a controlar as exigências para proteção contra os perigos da radiação associados a esses materiais. Em 1964, nova alteração veio a permitir a propriedade privada de materiais nucleares especiais sob licença da USAEC (SMYTHE et al, 1995).

Na interpretação da USAEC, sua competência aplicava-se após a etapa de extração do minério – essencialmente quando o material era recebido nas usinas de tratamento químico do minério mas, mesmo a ação regulatória da USAEC sobre as usinas era dificultada pela ausência de uma definição clara das regras a serem seguidas pelas agências estaduais. Tal ambigüidade permitiu falhas no controle regulatório sobre a seleção de locais, operação, projeto, construção e descomissionamento de usinas de tratamento de minérios. A descarga de efluentes das usinas, a vulnerabilidade de alguns locais de estocagem à erosão eólica e o uso de rejeito na construção civil, como agregado leve e aterro, aumentou a pressão pública, exigindo-se controles adicionais e ações corretivas. Durante os anos 1960 e início dos anos 1970 cresciam as incertezas e discussões se os regulamentos para a deposição de rejeitos de urânio eram adequados ou não (USDOE, 1995).

Esta postura continua até os dias atuais e a *US Nuclear Regulatory Commission* (USNRC), agência que substituiu a USAEC, também não se considera a autoridade para remediação ambiental para o caso de minas de urânio. A coerção nesse caso é feita pelo Estado, como qualquer outro tipo de mina, usando leis que regulamentam o abandono e as ações de recuperação. As recuperações de minas de urânio também podem estar sujeitas a regras ou normas do *Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement* pertencente ao *US Department of Interior* (USDOI) ou, pelo *Bureau of Land Management*, de acordo com a norma *Surface Management* (43 CFR Part 3809) do *Federal Land Policy and Management Act, 1976* (PL 94-576) (NEA, 1999).

Em 1972, o primeiro programa de remediação de um sistema de deposição de rejeitos de usinas de tratamento químico de minério de urânio foi autorizado com base no *Atomic Energy Commission Appropriations Act, 1972* (PL 92 – 314). Este programa autorizava a ação de remediação para as propriedades vizinhas ao distrito de Grand Junction, no Estado de Colorado, onde havia uma quantidade de rejeito de lixiviação estimada em 300 mil t, que empresas de construção e pessoas do público tinham usado como material de construção ou material de aterro (USDOE, 1995).

Em 1974, foi promulgado o *Energy Reorganization Act, 1974* (PL 93-438), visando: assegurar o desenvolvimento coordenado e efetivo de todas as fontes de energia; juntar e dirigir as atividades federais relacionadas à pesquisa e desenvolvimento das várias fontes de energia; aumentar a eficiência e a eficácia do uso de energia e; separar as funções de licenciamento e controle das outras funções comerciais e de incentivo da energia nuclear. A lei extinguiu a USAEC e criou duas agências: a *Energy Research and Development Administration* (ERDA), que recebeu todas as atribuições da USAEC, exceto aquelas de licenciamento e controle, e a USNRC para a qual foram transferidas as atribuições de licenciamento e controle. A ERDA recebeu também diversas funções atribuídas anteriormente ao *US Department of the Interior*, à *National Science Foundation* e à *US Environmental Protection Agency* (USEPA) (NLB, 1974; USDOE, 1995).

Em 4 de agosto de 1977, foi aprovado o *Department of Energy Organization Act* (PL 95-91) que criou o *United States Department of Energy* (USDOE) com o propósito de assegurar uma administração coordenada e efetiva das políticas e programas federais de energia, absorvendo completamente a ERDA e a *Federal Power Commission* e todas as funções da *Federal Energy Administration*, além de certos programas relacionados com energia existente em



outros Departamentos de Estado. A responsabilidade para regulamentar e licenciar usinas de tratamento de minério de urânio bem como seu descomissionamento foi transferida da USAEC para a USNRC (NLB, 1977; USDOE, 1995).

Em 8 de novembro de 1978, o Congresso aprovou o *Uranium Mill Tailings Radiation Control Act* (UMTRCA) (PL 95-604). Seu objetivo foi estabelecer uma estrutura reguladora e a limpeza e estabilização de rejeitos produzidos pelas usinas de tratamento químico de minério de urânio que estavam inativas. Antes dessa lei ser aprovada, a deposição dos rejeitos de usinas de tratamento de urânio foi essencialmente irregular. No texto da lei, o Congresso dos EUA admitiu que a utilização inadequada de rejeitos na construção civil era uma das áreas de maior preocupação, particularmente na cidade de Grand Junction, onde milhares de propriedades continham rejeitos de usinas de tratamento de minério de urânio usados como material de construção e aterro (NLB, 1979; USDOE, 1995).

O UMTRCA conferiu à USEPA total responsabilidade para estabelecer normas e guias ambientais mas, a responsabilidade reguladora das instalações nucleares, incluindo as usinas de tratamento de minério de urânio, permaneceu com a USNRC. O UMTRCA é a base do controle regulatório de locais de usinas de urânio nos EUA nos dias atuais (USDOE, 1995; NEA, 2000). Com a aprovação do UMTRCA, o congresso dos EUA colocou os rejeitos das usinas de tratamento de minério de urânio sob controle da USNRC, conforme definido no título I da UMTRCA – *Radioactive Residual Materials* (RRM) como sendo lixo na forma de rejeito resultante do processamento de minérios para a extração de urânio e outros constituintes de valor e outros lixos produzidos no local de processamento, incluindo qualquer estoque de minério não processado ou material de baixo teor (SMYTHE et al, 1995). Pela lei também foi criado um programa para remediar os locais com rejeitos de usinas de urânio, o *Uranium Mill Tailings Remedial Action* (UMTRA) (SHAPAR, 1980; GROESELMA, 1982; WATSON et al, 1993; CHUNG, 1995).

O controle do uso de rejeitos de usinas não foi originalmente incluído nos procedimentos de licenciamento de usinas de urânio pela USAEC porque naquela época não se sabia que eram perigosos (USDOE, 1995; SMYTHE et al, 1995).

Em 1980, foi constituído um conselho estatal para planejar o gerenciamento de rejeito radioativo: *State Planning Council on Radioactive Waste Management*. Neste conselho, com 18 membros, o presidente da USNRC participaria apenas como observador. As atribuições do conselho eram: recomendar mecanismos de procedimento para revisar os planos e programas de

gerenciamento de rejeitos bem como assegurar o efetivo envolvimento dos estados e municípios. Os mecanismos deveriam incluir consultas para: garantir a participação e acomodar os interesses de todas as partes; revisar o desenvolvimento de planos de gerenciamento de rejeitos para que se tornassem abrangentes e promover recomendações para assegurar que tais planos reúnem as necessidades dos estados e dos locais afetados; aconselhar sobre todos os aspectos de localização de instalações para estocagem e deposição de rejeitos; aconselhar sobre uma regra apropriada para os governantes dos estados e locais no processo de licenciamento de repositórios de rejeitos; aconselhar sobre a regulação federal proposta, padrões e critérios relacionados com os programas de gerenciamento (NLB, 1980).

Em 1981, cumprindo o que foi atribuído pela UMTRCA, a USEPA emitiu a norma preliminar para limpeza e deposição de locais contaminados com rejeitos de usinas de urânio, a qual foi regulamentada em 1983. Os pontos chaves das normas incluem:

- estabelecimento de padrões de limpeza de  $^{226}\text{Ra}$  do solo;
- estabelecimento de padrões para células de deposição de rejeitos com duração de 200 a 1000 anos;
- criação de limites de taxa de exalação de radônio de células de deposição.

A partir de 30 de outubro de 1990, a NRC, mediante alteração da norma 10 CFR Part 40, passou a licenciar a custódia e cuidados, a longo prazo, de locais de deposição de rejeitos de usinas de urânio e tório depois de recuperados ou fechados de acordo com o UMTRCA. O objetivo é estabelecer um procedimento de supervisão para assegurar a continuação a longo prazo da proteção à saúde e segurança pública e do meio ambiente (NLB, 1991).

Em 24 de outubro de 1992, foi aprovado o *Energy Policy Act*. Para as minas e usina de urânio a lei estabelece os seguintes programas:

- remediação dos locais ativos de processamento de urânio e tório;
- revitalização da indústria de urânio americana.

### **3.3.2. Legislação Ambiental**

A lei nacional da política ambiental, *National Environmental Policy Act, 1969* (NEPA) entrou em vigor em primeiro de janeiro de 1970. Os objetivos da lei eram incentivar uma harmonia produtiva e agradável entre o homem e seu meio ambiente; promover a prevenção ou

eliminação dos danos ao meio ambiente e à biosfera, estimulando a saúde e o bem-estar do ser humano; aumentar o conhecimento sobre os sistemas ecológicos e os recursos naturais importantes para a nação; e estabelecer um conselho de qualidade, o *Council on Environmental Quality*. Esta lei não tratava diretamente ou explicitamente com questões relacionadas a fontes nucleares nem como ela poderia afetar os programas nucleares de produção de energia elétrica, por isso foi recebida com reservas (NLB, 1970).

Em 2 de abril de 1970, a USAEC adotou uma diretriz política geral implementando as exigências do NEPA. Entre os assuntos tratados decidiu-se que os requerimentos de licença para construção e operação de reatores nucleares e usinas de tratamento de minério de urânio seriam submetidos também aos comentários da agência federal que detivesse a competência legal ou pessoal especializado em impacto ambiental. Com a entrada em vigor do *Water Quality Act, 1970* a USAEC teve de revisar sua política geral. Uma mudança significativa foi a exigência de um relatório específico sobre as considerações ambientais, contendo guia apropriado para seu conteúdo. Cópias desse relatório seriam enviadas para as agências federais designadas pelo *Council on Environmental Quality*, as quais deteriam a competência legal ou especialistas, ou que seriam autorizadas a emitir normas ambientais (NLB, 1970).

Em 2 de dezembro de 1970, foi estabelecida a *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), criada para consolidar as atividades regulatórias do Governo dos EUA na área ambiental sob a jurisdição de uma única agência.

Em 1976, foi aprovado o *Resource Conservation and Recovery Act* (RCRA), criando a estrutura regulatória para a geração, tratamento, estocagem e deposição de rejeitos perigosos. Por esta lei os rejeitos das minas foram considerados perigosos e deviam se submeter às normas da USEPA. Como houve diversas discussões sobre que tipo de rejeito de minas seria regulado por essa lei, o Congresso Americano, em 1980, aprovou uma alteração excluindo os “rejeitos sólidos da extração, tratamento, e processamento de minérios e minerais” da definição de rejeitos perigosos. A USEPA, com base em avaliação dos tipos de conseqüências que os rejeitos de minas abandonadas estavam causando ao meio ambiente e à saúde pública, regulamentou a extração e tratamento de rejeitos de minas, onde se incluiu os rejeitos e rochas de cobertura de minas de urânio (HOFFMAN e HOUSMAN, 1990; USEPA, 1995).

Em 1977, foi aprovado o *Surface Mining Reclamation Act*, que foi a primeira lei federal de regulamentação ambiental a considerar minas de qualquer espécie (MUNTZING e PERSON, 1993).

Em 7 de agosto de 1977, foi aprovado o *Clean Air Act Amendment*, 1977 (PL 95-95), dando à USEPA poderes para classificar os poluentes radioativos como poluentes do ar sob regime da lei. Como trata de fontes ou instalações que estavam sob a jurisdição da USNRC, a USEPA e a USNRC acabaram por estabelecer um acordo visando evitar a duplicação de esforços no estabelecimento, implementação ou coerção para cumprimento dos limites de emissão, padrões e outras exigências sob a lei do ar limpo (NLB, 1977).

Em 1980, foi aprovado o *Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act* (Cercla). Foi uma resposta a vários casos largamente politizados de locais com rejeitos perigosos, incluindo o Love Canal, em Niagara Falls-NY. A lei estabelece proibições e exigências para o fechamento e abandono de locais contendo rejeitos perigosos; prevê penalidades para as pessoas responsáveis pela liberação de rejeitos perigosos destes locais e cria um fundo de reserva que o governo pode utilizar para a limpeza dos locais abandonados ou sem controle, contendo rejeitos perigosos e autoriza o governo a recuperar os custos da limpeza de certas partes com responsabilidade legalmente definidas, razão pela qual ficou conhecida por *Superfund*. De acordo com a lei, as partes responsáveis são as seguintes:

- o proprietário e o operador de um vaso (tanque) ou de uma instalação;
- qualquer pessoa que na época da deposição de qualquer substância perigosa possuía ou operava qualquer instalação nas quais tais substâncias perigosas foram descartadas;
- qualquer pessoa vinculada por contrato, acordo ou outro tipo de arranjo para a deposição ou tratamento de substâncias perigosas de sua propriedade ou processada para qualquer outra parte ou entidade, em qualquer instalação; e,
- qualquer pessoa que aceite transportar qualquer substância perigosa até instalações de deposição ou tratamento, vasos de incineração ou locais selecionados.

Em 1986, o Congresso aprovou o *Superfund Amendments and Reauthorization Act* (SARA) para corrigir a definição das partes responsáveis. Especificamente em sua seção 119, prevê que uma ação de resposta do empreiteiro ambiental não deve ser sujeita às exigências da Cercla, “ou qualquer outra lei federal” a não ser que tenha havido intenção ou negligência (MUNTZING e PERSON, 1995).

Em 24 de setembro de 1986, a USEPA, estabeleceu o limite de emissão de <sup>222</sup>Rn, visando proteger a saúde da população e limites nas dimensões das bacias e locais para deposição

de rejeitos de usinas de urânio. Para as pilhas antigas a exigência não se aplicava, mas foi exigido que fosse interrompida a colocação de mais rejeitos nas mesmas (NLB, 1986).

Em 1987, a USEPA, de acordo com instrução do Ministério Público Federal (*Federal Court*), publicou a minuta de normas para deposição de rejeitos e limpeza de águas subterrâneas. As normas entraram em vigor em fevereiro de 1995. Em 11 de novembro de 1987 a USNRC alterou suas normas sobre a deposição de rejeitos de usinas de urânio para incorporar as normas de proteção de água subterrânea publicadas pela USEPA (SMYTHE et al, 1995; NLB, 1988).

Em 15 de dezembro de 1989, com base no *Clean Air Act* a USEPA editou as *National Emissions Standards for Hazards Air Pollutants* (NESHAP), que incluíram medidas para o controle de rejeitos das usinas de urânio em operação ou fechadas. De acordo com a 40 CFR Part 61, Subparte T, as normas para usinas de urânio fechadas se aplicam a sistemas de deposição de rejeitos ativos e inativos. As normas têm três exigências básicas:

- limita a emissão de  $^{222}\text{Rn}$  de uma pilha de deposição construída de acordo com a UMTRCA, a  $0,74 \text{ Bq/m}^2/\text{s}$ ;
- determina que, se uma pilha ou barragem de rejeito de usina de urânio deixar de ser operacional, ela seja colocada de acordo com os limites de emissão dentro de dois anos da data efetiva da norma ou dentro de dois anos após deixar de ser operacional, aplicando-se aquela que for mais demorada;
- exige monitoração da pilha de deposição para demonstrar que está de acordo com os limites de emissão de radônio (SMYTHE et al, 1995).

### 3.3.3. Legislações Estaduais

Na área de mineração, a maioria das iniciativas de exigências foram feitas pelos Estados de modo individual. Quatro Estados – Colorado, Texas, Washington e Wyoming – optaram por escolher seus próprios programas de regulamentação de minas e usinas de produção de urânio. Esses programas necessitam da aprovação da USNRC e seus regulamentos devem estar de acordo com os regulamentos da USNRC, podendo ela, se necessário, revisar toda a regulamentação (USDOE, 1995; USEPA, 1995).

### 3.4. França

#### 3.4.1. Leis e Regulamentos Federais da Indústria do Urânio

A criação da *Commissariat à l'Énergie Atomique* (CEA) - em 18 de outubro de 1945, com as atribuições de organizar e controlar a prospecção e a exploração das jazidas de matérias primas necessárias ao desenvolvimento da energia atômica foi o ponto de partida para o desenvolvimento da indústria do urânio na França. Diversas modificações ocorreram na organização administrativa do CEA. Em 29 de setembro de 1970, as atribuições do CEA foram redefinidas e voltadas para a pesquisa e incentivo do uso da energia atômica nos diversos campos das ciências, da indústria e da defesa nacional. A organização passou a ser gerenciada pelo *Comité de l'Energie Atomique* (NLB, 1970).

Em 13 de março de 1973, pelo Decreto 73-278, foi criado o *Consuel Supérieur de la Sûreté Nucléaire* e o *Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires* (SCSIN), ligados ao *Ministère du 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 gerenciamento de inspeções de instalações nucleares, e conselheiro na elaboração dos programas de trabalho e pesquisa do CEA (NLB, 1973).

Em 4 de agosto de 1975, foi constituído o *Comité Interministériel de la Sûreté Nucléaire* 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 é tomado no texto no mais amplo sentido, incluindo medidas e ações para proteger pessoas e propriedades contra os perigos, incômodos ou constrangimentos de todos os tipos, resultantes de atividades nucleares (NLB, 1975).

Em 26 de dezembro de 1975, a CEA criou a *Compagnie Générale des Matières Nucléaires* (Cogema), voltada à produção de urânio, que iria se tornar a principal empresa mundial no setor da indústria do urânio (NLB, 1981).

Em 2 de novembro de 1976, por ordem do Ministério da Indústria e Pesquisa foi criado, junto ao CEA, o *Institute for Protection and Nuclear Safety* (IPSN), com a atribuição de desenvolver pesquisa, desenvolvimento e trabalhos na área de Proteção e Segurança Nuclear, atendendo as diretrizes do Comitê Interministerial de Segurança Nuclear. No nível administrativo e operacional, a criação desse instituto funde o departamento de proteção com o departamento de segurança nuclear do CEA (NLB, 1976).

Em 7 de novembro de 1979, foi editado decreto criando, junto à CEA, a *Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs* (Andra). Este órgão substituiu o *Office de Gestion des Déchets* do CEA, tornando-se responsável pelo gerenciamento de rejeitos radioativos a longo prazo e, em particular, pelo gerenciamento, a longo prazo, dos repositórios de rejeitos, tanto diretamente, como através de terceiros que atuam com a mesma finalidade. A agência ficou responsável pelo projeto e instalação de novos repositórios de rejeitos a longo prazo; de preparar, após consulta aos produtores de rejeitos, especificações para acondicionamento e estocagem de rejeitos, antes da deposição; e, de contribuir para a pesquisa e desenvolvimento de processos de gerenciamento de rejeitos a longo prazo. A agência deve ser consultada sobre programas de pesquisa e desenvolvimento bem como nos anteprojetos das regulamentações relacionadas ao gerenciamento de rejeitos radioativos (NLB, 1979; NLB, 1982).

Em 1981, com o início das atividades de remediação das áreas da mina e usina de Les Bois Noirs, na região de Forez, constatou-se que a França não dispunha de legislação aplicável à uma atividade de tamanha envergadura. Para a proteção radiológica eram usadas as recomendações da ICRP e as diretrizes gerais da Comunidade Européia sobre as radiações ionizantes. O Código de Mineração previa que o abandono do local de exploração e exploração devia ser feito após a tomada de precauções para que os riscos de acidentes corporais para o público fossem eliminados, que a paisagem fosse reconstituída, os solos restaurados de modo a permitir a reutilização dos locais, reintegrando-os à economia rural de região e, se possível, melhorar a topografia do local (FOURCADE e ZETTWOOG, 1982).

Em 12 de julho de 1983, foi aprovada a Lei 83-630 que ficou conhecida como “lei da democratização da consulta pública” que prevê os procedimentos para realização de audiência pública visando informar o público e obter seus comentários, sugestões e contrapropostas. Antes disso não havia uma estrutura para procedimentos de audiências públicas na França, as quais eram feitas no contexto de procedimentos especiais, de acordo com um sistema particular

aplicável ao tipo de operação envolvida. Para os casos mais importantes, as audiências eram realizadas a fim de estabelecer se a empreitada era considerada de interesse público. Os reatores nucleares eram classificados nessa situação particular (NLB, 1983). Para adequar o CEA à lei de 12 de julho de 1983 que regulamenta a audiência pública, foi necessário emendar a série de decretos anteriores sobre o CEA. As emendas foram feitas através do Decreto 84-279, de 13 de abril de 1984, tendo-se modificado o sistema de designação da direção e as competências do CEA (NLB, 1984).

Em 9 de março de 1990, foi editado o Decreto 90-222 completando a incorporação na legislação nacional das recomendações da Euratom nº 80-836, de 15 de julho de 1980, sobre as normas básicas para a proteção do público em geral e trabalhadores contra os perigos da radiação ionizante. Esse decreto insere no *Règlement General des Industries Extratives (Rayonnements Ionizants)* baixadas pelo Decreto 80-331 de 7 de maio de 1980, a parte 2, sobre a proteção ambiental. A parte 1, sobre a proteção de trabalhadores foi inserida pelo Decreto 89-502, de 13 de julho de 1989. As previsões do decreto de 1990 se aplicam às minas a céu aberto e que exploram substâncias radioativas. Elas determinam o limite anual permissível de exposição à radiação ionizante durante o gerenciamento de produtos radioativos, a monitoração de liberações e do meio ambiente e o conjunto de controles feitos pelas autoridades. Finalmente, o decreto especifica que os trabalhos devem ser conduzidos de tal maneira que seus impactos radiológicos sobre o meio ambiente devem obedecer ao princípio Alara (NLB, 1990).

Em 31 de maio de 1991, pelo decreto 91-431 o SCSIN foi substituído pela *Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires* (DSIN) (NLB, 1991).

Em 30 de dezembro de 1991, foi aprovada a Lei 91-1381, que estabelece a Andra como uma agência reguladora estatal independente da CEA com as atribuições do gerenciamento de rejeitos radioativos a longo prazo de forma independente naquilo que é necessário para cumprir suas atribuições, devendo 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 são:

- 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;



- estruturar a agência responsável pelo gerenciamento de rejeito radioativo, o que foi feito por emenda nos estatutos da Andra.

Enquanto o principal propósito da lei é o gerenciamento de rejeito radioativo de alta atividade e de vida longa, pode ser notado que, em adição, ela define os princípios gerais aplicáveis também à estocagem de rejeitos (NLB, 1992). 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 laboratório subterrâneo; o Decreto 92-1366, de 29 de dezembro de 1992, determinando as condições para criação de grupos de interesses públicos; e o Decreto 92-1391, de 30 de dezembro de 1992, que define a organização administrativa da Andra e que ela deverá apresentar até dezembro de 2005 relatório analisando os resultados obtidos e um projeto subterrâneo para a estocagem final de rejeitos radioativos de alta atividade e longa vida (NLB, 1993).

Em 1º de dezembro de 1993, foi editado o Decreto 93-1272, sobre a organização do *Ministère de l'Industrie des Postes et Télécommunications et du Commerce Extérieur*. O principal fato desse decreto é a criação de um *Service des Affaires Nucléaires* junto à *Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières* (DGEMP). O serviço é responsável por preparar e implementar as decisões governamentais sobre tipos de reatores nucleares, respeitando a competência da DSIN que também pertence à DGEMP.

Apesar do uso intensivo de energia nuclear em sua matriz energética, a França, até 1993, não tinha uma lei nuclear abrangente. A necessidade de definição de um local para depósito subterrâneo profundo para rejeitos radioativos levou à criação da lei sobre rejeitos nesse ano.

Em 3 de junho de 1994, foi editado o Decreto 94-451, emendando o Decreto 72-1158, e redefinindo as atribuições do CEA. A emenda especifica as respectivas responsabilidades do CEA e do Conselho de Diretores. O CEA é confirmado como a autoridade interministerial para informação e consulta a respeito de assuntos nucleares em geral. O Conselho de Diretores é a autoridade para o gerenciamento do dia-a-dia do CEA ao qual foram dadas algumas das responsabilidades do Comitê e a aprovação do anteprojeto do orçamento, as contas e o balanço anual da CEA (NLB, 1994).

Em 5 de maio de 1995 foi editado o Decreto 95-540, mudando radicalmente as regras que regiam a descarga de efluentes de instalações nucleares. Este decreto foi adotado em consequência da Lei da Água (Lei 92-3, de 3 de janeiro de 1992) e seus decretos de implementação e

regulamentação, principalmente o Decreto 93-742, de 29 de março de 1993, sobre procedimentos de licenciamento e notificação e o Decreto 93-743, de 29 de março de 1993, sobre a nomenclatura de operações sujeitas ao licenciamento e notificação. O Decreto 95-540 junta as antigas licenças para uso de água, descarga de efluentes radioativos líquidos e descarga de efluentes radioativos gasosos relacionados às grandes instalações nucleares. Revoga o Decreto 74-945, de 6 de novembro de 1974, relacionado à descarga de efluentes gasosos radioativos das grandes instalações nucleares e outras instalações nucleares, e o Decreto 74-1181, de 31 de dezembro de 1974, relacionado às descargas de efluentes líquidos de instalações nucleares (NLB, 1995).

Em 9 de maio de 2001, foi aprovada a *Loi sur Agence Française de Sécurité Sanitaire* (AFFSE), criando o *Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire* (IRSN). Esta nova agência absorveu as responsabilidades e o pessoal do *Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire* (IPSN) e do *Office de Protection Contre les Rayonnements Ionisants* (OPRI). A regulamentação do IRSN foi feita em 22 de fevereiro de 2002, pelo Decreto 2002-254. O IRSN reuniu a competência francesa em segurança nuclear e em radioproteção numa só agência. Politicamente, foi o passo para a separação definitiva entre o sistema de controle e as atividades de promoção da energia nuclear.

### **3.4.2. Legislação Ambiental**

Em 2 de fevereiro de 1971, pelo Decreto 71-94, o Presidente da República define as responsabilidades de um Ministro Delegado, ligado ao Primeiro Ministro, para a proteção da natureza e do meio ambiente, assumindo inclusive as responsabilidades relacionadas a atividades perigosas, insalubres ou nocivas, anteriormente alocadas no Ministério para o Desenvolvimento Científico e Industrial. Essas atividades incluem a conversão, processamento e uso de substâncias radioativas de acordo com um sistema de classificação. Por outro lado, as instalações nucleares básicas permanecem sob responsabilidade do Ministério para o Desenvolvimento Científico e Industrial (NLB, 1971).

Em 10 de julho de 1976, foi aprovado o Decreto 76-629, prevendo que os estudos preliminares para a criação de grandes projetos devem incluir um estudo de impacto ambiental que permita uma avaliação de suas consequências sobre o meio ambiente (NLB, 1977).

Em 19 de julho de 1976, foi aprovada a Lei 76-662, publicada em 20 de julho de 1976, sobre instalações classificadas com o propósito de proteção ambiental. Essa lei revoga a Lei de

19 de dezembro de 1971 e o Decreto-Lei de 1º de abril de 1939 mas, as medidas aprovadas com base nela continuam em vigor desde que não sejam conflitantes com a nova lei, como por exemplo, o Decreto 64-303 de 1 de abril de 1964 e a Circular de 23 de março de 1973, bem como ordens de prefeitos baixadas com base nas leis antigas. As novidades desta lei são o uso da palavra instalação no lugar de estabelecimento. Esse termo é mais amplo pois, podem existir inúmeras instalações dentro de um mesmo estabelecimento; o escopo da legislação foi estendido além dos estabelecimentos industriais e comerciais, atingindo agora serviços públicos e estabelecimentos de pesquisa. A nova lei permitiu incluir qualquer tipo de instalação nas regras de proteção ambiental.

No regime anterior, as grandes instalações nucleares tinham sua própria regulamentação (Decreto de 11 de dezembro de 1963), não aparecem na nomenclatura e assim permanecem fora da aplicação da legislação sobre instalações classificadas. Ainda na época não se sabia como essa situação iria ficar com a nova lei. As minas e usinas de urânio classificam-se como plantas de preparação, fabricação ou conversão de substâncias radioativas (NLB, 1985; NLB, 1986).

Em 12 de outubro de 1977, foi editado o Decreto 77-1141 implementando a Seção 2 da Lei 76-629. Este decreto determina que trabalhos e projetos planejados, cujos empreendedores são órgãos públicos ou que estão sujeitos a licença ou aprovação de autoridades públicas, devem ser precedidos de um estudo de impacto ambiental. Quando o projeto ou o trabalho em questão está sob um inquérito público, o estudo deve ser incluído como parte do processo sob inquérito público (NLB, 1977).

Em 12 de julho de 1983, foi aprovada a Lei 83-630 - Lei da Democratização da Consulta Pública - que prevê os procedimentos para realização de audiências públicas visando informar o público e obter seus comentários, sugestões, e contrapropostas. Antes disso não havia uma estrutura para procedimentos de audiências públicas na França, as quais eram realizadas no contexto de procedimentos especiais, de acordo com um sistema particular aplicável ao tipo de operação envolvida. Para os casos mais importantes, os inquéritos eram realizados a fim de estabelecer se a empreitada era considerada de interesse público (NLB, 1983).

Em 23 de abril de 1985, foi editado o Decreto 85-449, regulamentando a Lei 83-630 sobre a consulta pública, prevendo que as principais instalações nucleares geridas pelo Decreto 63-1128, de 11 de dezembro de 1963, sobre instalações nucleares e a liberação de seus rejeitos radioativos estão sujeitas à consulta pública (NLB, 1985). Um outro decreto editado na mesma

data, o Decreto 85-453, é um instrumento essencial para a entrada em vigor da Lei 83-630. Ele apresenta em anexo a lista de atividades que precisam ser precedidas de uma consulta pública de acordo com esta lei e dá maior possibilidade de independência aos comissários da consulta.

Em 22 de julho de 1987, foi aprovada a Lei 87-565. Essa lei define que o objetivo das medidas de segurança pública é prevenir todo tipo de maiores riscos e proteger as pessoas, propriedades e o meio ambiente, inclusive as florestas, contra acidentes, desastres e catástrofes. A lei inclui planos para delimitação de áreas ao redor das instalações classificadas, com propósitos de proteção ambiental, se for considerado que elas criam riscos de explosão ou liberação de produtos nocivos. A lei especifica o direito do cidadão de ser informado sobre os riscos a que eles estão expostos, bem como sobre as medidas preventivas a esse risco, inclusive do plano de emergência. Por essa lei os projetos que têm um plano de emergência e exigem licenciamento, devem também incluir uma análise de risco (NLB, 1987).

A estrutura legal para a exploração e exploração mineral é dada pelo Código de Mineração de 26 de maio de 1955, pela consolidação de textos legislativos referentes ao assunto e que modificaram esta lei, visando regulamentar as fases de abertura, exploração e fechamento das minas, e por outros regulamentos, tais como, o *Réglement Général des Industries Extractives* (RGIE), o qual define as regras de saneamento e segurança a serem observadas pelas empresas de mineração. Neste contexto, o Código de Mineração define o procedimento a ser aplicado no final da exploração e da lavra, e as obrigações de remediação a serem cumpridas pelas companhias quando a mina é fechada. A última versão do Código de Mineração é de 15 de julho de 1994, regulamentado pelo Decreto de 9 de maio de 1995. Esta nova lei simplificou o controle do procedimento para interrupção das atividades de mineração e melhorou a eficiência pela criação de um procedimento único para o fechamento dos trabalhos de mineração e das atividades de mineração as quais podem ser aplicadas tanto sobre minas ativas como minas fechadas (NEA, 1999).

Para o encerramento das atividades da mina, e isto pode acontecer no final de cada estágio de trabalho, a companhia que explora ou explota um contrato providencia uma declaração informando sobre o encerramento e um relatório especificando “*as medidas que serão tomadas para preservar os interesses mencionados no código de mineração, para interromper os vários efeitos futuros, distúrbios e perturbação de qualquer tipo produzida por sua atividade e para permitir, se possível, a prorrogação ou renovação da atividade de mineração*”. As medidas propostas devem permitir a restauração do local da mina e assegurar a proteção do meio ambiente como um todo, a

proteção dos recursos d'água, interesses culturais de uma região, proteção dos meios de comunicação e interesses da agricultura; eles têm de assegurar que os edifícios permanecerão em bom estado, que os funcionários trabalharão em condições saudáveis e seguras e que eles devem salvaguardar a saúde e a segurança do público (artigo 79 do Código de Mineração). Para preservar os recursos d'água o operador deve fazer um estudo hidrogeológico que inclua uma previsão das conseqüências do fim do trabalho de mineração sobre a água e o uso das águas e indicar as medidas de compensação para , por exemplo, a diminuição da vazão de alguns rios. O operador deve também indicar as partes da área que serão usadas para outros fins tais como o industrial (NEA, 1999).

O plano de fechamento final da mina é analisado da mesma maneira que o de licenciamento para operação. Em particular, as autoridades administrativas das principais cidades e vilas interessadas devem ser consultadas. O processo é organizado pela autoridade regional da *Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement* (DRIRE), com o suporte técnico da prefeitura para implementação da política de minas. Quando estas exigências estiverem satisfeitas o prefeito pode, num período de até 6 meses depois de receber a declaração e, se ele achar que é necessário, solicitar alguma medida suplementar que o operador terá de realizar para recuperar o local. Se as medidas forem consideradas suficientes, o prefeito dá o seu consentimento. Quando o operador receber essa autorização, ele pode executar a recuperação do local. Se nenhuma resposta for dada dentro do prazo de 6 meses, ele pode fazer a restauração de acordo com o relatório apresentado e os trabalhos são considerados finalizados (NEA, 1999).

Quando a remediação é completada, a prefeitura ordena a checagem que é feita pela DRIRE e então o prefeito pode decretar que a atividade de recuperação foi encerrada, pondo fim ao processo administrativo. A usina e o gerenciamento de rejeitos são regulados pela lei de 19 de julho de 1976 sobre *Installations Classées pour la Protection de l'Environnement* (ICPE) e pela modificação dessa lei feita em 21 de setembro de 1977. Estes textos contêm algumas exigências restritivas relacionadas com o encerramento das atividades, desmontagem de instalações e remediação de locais. A lei também dá direitos à prefeitura para ordenar alguma nova medida de segurança (NEA, 1999; DAROUSSIN e PFIFFELMANN, 1996).

### 3.5. Brasil

#### 3.5.1. Leis e Regulamentos Federais da Indústria do Urânio

Embora se verificassem uma série de iniciativas visando pesquisar tório e urânio no país, antes do término da II Guerra Mundial, motivadas por acordos assinados entre o Brasil e EUA e por sugestões do Almirante Álvaro Alberto ao governo brasileiro para o fomento das atividades científicas relativas à energia atômica, pode-se considerar que foi apenas em 1947, com a criação da Comissão de Fiscalização dos Minerais Estratégicos, vinculada à Secretaria Geral do Conselho de Segurança Nacional, que o Brasil deu o primeiro passo para a formulação de uma política de aproveitamento dos recursos de tório do país (CABRAL, 1983; MARTINS, 1989).

Com a criação do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela Lei 1.310, de 15 de janeiro de 1951, foi dado um passo importante para a organização e controle do setor nuclear ao se prever que: *“ficarão sob 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; MARTINS, 1989; PEREIRA, 1990).

Em 1952, a comercialização dos minérios físseis brasileiros deixou de ser atribuição do CNPq e passou a ser responsabilidade da Comissão de Exportação de Materiais Estratégicos (CEME), criada para este fim e vinculada ao Ministério das Relações Exteriores (CABRAL, 1983; ORTIZ, 1987). Enquanto a Ceme celebrou alguns acordos de venda de óxido de tório e monazita para os EUA, as primeiras atividades do CNPq foram a compra de *“três ultra centrífugas da Alemanha Ocidental, para proceder o enriquecimento isotópico de urânio no Brasil”* e o convite à empresa francesa Societé de Produits Chimiques des Terres Rares para projetar *“uma usina de beneficiamento de urânio para ser instalada em Poços de Caldas – MG”*. As centrífugas foram entregues depois de alguns anos, mas nunca funcionaram, estando uma delas em exposição no

complexo de Aramar, em Iperó, no Estado de São Paulo. A usina, chamada de Usina Atômica de Poços de Caldas, teve sua construção iniciada em 1959, tendo sido interrompida em 9 de agosto de 1961, por decisão da Comissão Nacional de Energia Nuclear para uma reavaliação da reserva mineral, uma vez que a quantidade de minério não justificava a construção da usina.

O CNPq passou a concentrar todos seus esforços nas atividades referentes ao aproveitamento da energia atômica até 31 de agosto de 1956 quando, através do Decreto 39.872, foi criado o Instituto de Energia Atômica, atual Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) 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. Este decreto também extinguiu a Ceme. Com essas providências, houve a reorientação da pesquisa de materiais fisséis no Brasil, voltando-se para o urânio (NLB, 1970; CABRAL, 1983; MARTINS, 1989).

Em 1960, a CNEN foi transferida da Presidência da República para o recém-criado Ministério das Minas e Energia e, em 27 de agosto de 1962, foi aprovada a Lei 4.118/62 estabelecendo a Política Nacional de Energia Nuclear, instituindo o monopólio da União sobre *“a pesquisa e a lavra das jazidas de minérios nucleares localizados no território nacional; o comércio de minérios nucleares e seus concentrados; dos elementos nucleares e seus compostos; dos materiais fisséis e férteis; dos radioisótopos artificiais e substâncias radioativas das três séries; dos produtos nucleares; a produção de materiais nucleares e suas industrializações”*. A lei determinou a reorganização da CNEN, a qual foi elevada à condição de autarquia federal, voltando a ser subordinada à Presidência da República e tendo, entre outras, a competência para promover: *“a pesquisa das jazidas de minerais nucleares e o estudo dos processos de seu aproveitamento e utilização; a lavra das jazidas dos minérios nucleares; o beneficiamento, refino e tratamento químico dos minérios nucleares e seus associados; o levantamento de recursos bem como o controle da prospecção e pesquisa das disponibilidades minerais do país que interessem às aplicações nucleares; a produção e o comércio dos minérios nucleares, materiais férteis, materiais fisséis especiais; a produção e o comércio de subprodutos nucleares e radioisótopos, cuja compra, venda, troca, empréstimo, arrendamento, transporte e armazenamento depender de licença por ela expedida nos termos da lei”* e a competência para *“estabelecer regulamentos e normas de segurança relativas ao uso das radiações e dos materiais nucleares e à instalação e operação de estabelecimentos destinados a produzir materiais nucleares ou a utilizar a energia nuclear e suas*

*aplicações e fiscalizar o cumprimento dos referidos regulamentos e normas*”. Todos os direitos e obrigações assumidos pelo CNPq nesta área foram transferidos para a CNEN.

Foi também criado o Fundo Nacional de Energia Nuclear, administrado pela CNEN, que recebeu também autorização para operar diretamente ou através de sociedades anônimas subsidiárias que ela organizar.

A CNEN passaria a apoiar também outros órgãos integrantes do Plano Nacional de Energia Nuclear: Instituto de Energia Atômica da Universidade de São Paulo (IEA), Instituto de Pesquisas Radioativas da Universidade Federal de Minas Gerais (IPR) e Instituto de Energia Nuclear da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IEN).

O regulamento da CNEN foi aprovado pelo Decreto 51.726 de 19 de fevereiro de 1963. Este regulamento reafirma a política da CNEN voltada para o cumprimento do monopólio, definindo um controle rígido sobre as jazidas minerais. Uma única referência sobre a segurança e proteção é a seguinte, feita no artigo 90: *“Compete à CNEN, além das atribuições de inspeção já previstas, fiscalizar o cumprimento das medidas de segurança das instalações e proteção à saúde das pessoas envolvidas em operações relativas aos elementos de que trata o presente Regulamento”*. O não cumprimento das exigências da CNEN nesse caso, implicava a paralisação das operações até que fossem tomadas as medidas prescritas. Esta fiscalização era feita pelo Departamento de Fiscalização do Material Radioativo.

Em 18 de março de 1964, pelo Decreto-Lei 53.73, foi autorizada a criação de uma sociedade anônima para se ocupar da lavra, tratamento, refino, tratamento químico e comércio de minerais físseis, denominada Companhia de Materiais Nucleares do Brasil (Comanbra). Esse Decreto foi ignorado pelos comandantes do movimento revolucionário de 31 de março de 1964. Em 25 de fevereiro de 1967, o Presidente Castelo Branco, através do Decreto-Lei 200, efetuou a chamada “reforma administrativa” e fez subordinar a CNEN ao Ministério das Minas e Energia. Esta transferência foi efetivada em 1968 pelo Presidente Costa e Silva. No governo de Costa e Silva foi lançado um programa chamado Diretrizes da Política Nacional de Energia Nuclear. Foi no desenvolvimento destas diretrizes que se firmaram as bases sobre as quais se constituiria todo o entendimento que resultou no Acordo Nuclear do Brasil com a República Federal da Alemanha. No governo do Presidente Médici foi elaborado o primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento (I PND), que incluía a criação da Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (CBTN) e recomendava a incorporação dos institutos apoiados pela CNEN (IEA, IEN e IPR) nos projetos



energéticos, visando a preparação de equipes nacionais para o domínio das técnicas nucleares (CABRAL, 1983).

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 (através 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 minério nucleares e associados; construir e operar instalações de tratamento de minérios e; manter um Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear.

---

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, ligados à CNEN e o Instituto de Pesquisas Radioativas, ligado à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), passaram a ser controlados pela CBTN, constituindo o Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN), conforme previsto na Lei 5.740. Foi no CDTN, em Belo Horizonte que grande parte dos processos de extração de urânio do minério de Poços de Caldas foram desenvolvidos. Em 26 de julho de 1979, através do Decreto 80.783 é efetuada a transferência do IRD e do IEN de volta para a CNEN (NLB, 1973).

A Lei 6.189/74, de 16 de dezembro de 1974, altera a Lei 4.118, de 27 de agosto de 1962 e a Lei 5.170, de 1º de dezembro de 1971, e cria as Empresas Nucleares Brasileiras Sociedade Anônima (Nuclebras), sucedendo a CBTN. De acordo com essa lei: *“a União exercerá o monopólio por meio da CNEN, como órgão superior de orientação, planejamento, supervisão, fiscalização e de pesquisa científica, e por meio da Nuclebras e suas subsidiárias como órgão de execução”*. Destaca-se nesta lei o Artigo 16 *“Comprovada a existência dos estoques para a execução do Programa Nacional de Energia Nuclear, e das reservas à que se refere o artigo 14, a Nuclebras poderá mediante autorização do Presidente da República, ouvido o Conselho de Segurança Nacional, exportar os excedentes no mais alto grau de tratamento possível”*.

Em 7 de abril de 1975, através 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. Um deles era o Departamento de Recursos Minerais (DRM), que tinha as atribuições de supervisionar, coordenar e controlar as atividades relacionadas com a prospecção, pesquisa, lavra, industrialização, armazenamento e comércio dos minerais e minérios nucleares, minérios de interesse para a energia nuclear e respectivos concentrados.

Em 27 de junho de 1975, o Brasil e a República Federal da Alemanha firmaram o Acordo de Cooperação no Campo dos Usos Pacíficos da Energia Nuclear, conhecido como Acordo Nuclear Brasil-Alemanha, que promoveu a prospecção de urânio no Brasil pela Nuclebras, através da Nuclebras Auxiliar de Mineração S.A. (Nuclam), criada pelo Decreto 76.802, de 16 de dezembro de 1975. Essa empresa, que tinha participação da Urangesellschaft, foi criada para se dedicar às atividades de prospecção, pesquisa, desenvolvimento e lavra de depósitos de urânio, bem como para extrair, beneficiar, processar e tornar adequado para o comércio, o urânio natural. O acordo assinado previa a construção de 8 usinas para produção de energia núcleo-elétrica mas até hoje apenas duas foram construídas e uma terceira está em construção.

Em 31 de agosto de 1977, pelo Decreto 80.266, foi criada a reserva de minérios nucleares do país. Uma das áreas definidas foi a do Planalto de Poços de Caldas.

Em 17 de outubro de 1977, foi aprovada a Lei 6.453 definindo a responsabilidade civil por danos nucleares e responsabilidades criminais para ações relacionadas com atividades nucleares. Com essa lei, o Brasil se adequou à Convenção de Viena sobre a responsabilidade civil por danos nucleares, de 21 de maio de 1963. A lei prevê penas de reclusão de 2 a 6 anos para quem executar mineração e comércio ilegal de minério nuclear e pena de 2 a 8 anos para importação e exportação de material nuclear ou minério, sem licença (NLB, 1977).

Em 7 de agosto de 1986, a CNEN foi novamente transferida do Ministério das Minas e Energia para a Presidência de República, sem afetar sua personalidade ou finanças (NLB, 1986).

Em 1988, o Programa Nuclear Brasileiro sofreu profunda reformulação. Pelo Decreto-Lei 2.464, de 31 de agosto de 1988, a Nuclebras 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. O CDTN e o Laboratório de Poços de Caldas foram transferidos para a CNEN. A reorganização foi

completada pelos Decretos 96.621, de 31 de agosto de 1989, que providenciou a liquidação da Nuclam, e Decreto 96.622, de 31 de agosto de 1989, que autorizou a INB a criar a Urânio do Brasil (UB), subsidiária da INB, companhia de economia mista responsável pela prospecção e mineração de minério nuclear, produção e processamento e comercialização de concentrados de urânio.

O Decreto 96.620, de 31 de agosto de 1988, estabeleceu o Alto Conselho para Energia Nuclear, destinado a aconselhar o Presidente da República sobre política nuclear. Faziam parte do Conselho todos os ministros de estado, os presidentes da CNEN, da INB, Eletrobras e três cidadãos pertencentes à iniciativa privada (NLB, 1989).

Em 1º de setembro de 1988, foi publicado o Decreto 96.624 alterando o Decreto 75.569 de 7 de abril de 1975, quanto à competência da CNEN, adequando-a às mudanças na política nuclear do país. A CNEN passa a ter competência para: colaborar na formulação da política de energia nuclear; preparar propostas sobre o programa nacional de energia nuclear para o Alto Conselho para Energia Nuclear; regular e licenciar o comércio nacional e internacional de minério, equipamentos e materiais nucleares; regular e licenciar instalações nucleares e o transporte de material nuclear; e, regular a radioproteção em todas as atividades nucleares.

A Constituição Federal promulgada em 5 de outubro de 1988, reitera o monopólio do estado na prospecção, mineração e comércio de minério nuclear.

A Lei 7.781, de 27 de junho de 1989, altera a Lei 6.189, de 16 de dezembro de 1974, estendendo a competência da CNEN para promover e induzir a produção e o comércio de materiais nucleares e equipamentos, incluindo transferência de tecnologia nuclear para a indústria nacional mediante associações ou acordos.

Em 27 de março de 1990, pelo Decreto 99.194 foi constituído um grupo de trabalho com representantes de vários ministérios, da CNEN e companhias com atividades nucleares para estudar o *status* do Programa Nuclear Brasileiro: avaliar os objetivos gerais e específicos do Programa; avaliar as necessidades de alterar a estrutura da CNEN; e, verificar se o programa nuclear brasileiro era compatível com a preservação do balanço ecológico do país (NLB, 1990).

A Lei 8.028, de 12 de abril de 1990 e o Decreto 99.244, de 19 de maio de 1990, reorganizaram diversos órgãos, inclusive a CNEN, sob a Presidência da República. Foi abolido o Alto Conselho para Energia Nuclear, e a formulação e coordenação da Política Nuclear Nacional e a supervisão da sua implantação passou a ser exercida pela Secretaria de Assuntos Estratégicos

(SAE) da Presidência da República. Em 4 de julho de 1990, pelo Decreto 99.373 foi definida a estrutura da SAE, integrada pela CNEN (NLB, 1990).

Em 15 de junho de 1991, foi editado o Decreto 150 emendando a estrutura administrativa e a competência da CNEN. A estrutura existente até hoje, tem três diretorias: Administrativa; Pesquisa e Desenvolvimento; e, Radioproteção e Segurança (NLB, 1991).

Em 18 de fevereiro de 1992, em mensagem ao Congresso, o Presidente da República apresentou o anteprojeto da Legislação sobre a Política de Energia Nuclear Nacional. O anteprojeto previa, em particular, que os trabalhos deveriam ser orientados para cobrir todo o ciclo de combustível nuclear com tecnologia nacional, incluindo prospecção de urânio e produção de material nuclear, levando em conta o balanço entre tecnologia e preservação ambiental (NLB, 1992).

Em 1994, houve uma nova reorganização na área de produção de urânio. A Urânio do Brasil foi extinta e suas atividades foram transferidas para a Diretoria de Recursos Minerais da INB.

Em 27 de julho de 1995, a Medida Provisória 1.063 especifica a competência do Ministério de Minas e Energia (MME) e outras corporações públicas no campo de energia nuclear. O MME e a SAE são as autoridades competentes no campo nuclear. O primeiro, com competência para desenvolver as atividades relacionadas ao uso pacífico da energia nuclear e a segunda, com competência para definir e avaliar programas e projetos de natureza estratégica. A CNEN, ligada à SAE cuidaria do planejamento político, do monitoramento e do controle da energia nuclear (NLB, 1995).

Em 17 de dezembro de 1998, foi aprovada a Lei 9.765 que institui taxa de licenciamento, controle e fiscalização de materiais nucleares e radioativos e suas instalações (TLC), incidindo sobre as atividades onde se inclui a pesquisa mineral, construção, operação e descomissionamento de instalações nucleares e a comercialização. A arrecadação é destinada à CNEN. Com a lei das taxas, a CNEN arrecadou aproximadamente R\$ 1,102 milhões em 1999 e R\$ 8,330 milhões em 2000, destacando-se que 65% do valor arrecadado em 2000, deve-se ao recolhimento da Autorização para Operação Inicial de Angra II (CNEN, 2001).

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 e do Ministério das Ciências 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, incorporando as competências da SAE, que foi extinta.

Como consequência da medida acima, 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, 1999).

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. A lei, a nosso ver, define a política de gerenciamento de rejeitos radioativos no Brasil. Para a indústria do urânio, a lei prevê que os *“depósitos iniciais utilizados para o armazenamento de rejeitos nas instalações de extração ou de beneficiamento de minério rejeitos de minas e usina de urânio poderão ser convertidos em depósitos finais, mediante expressa autorização da CNEN”*, cabendo a ela a administração e operação desses depósitos pelo que receberá uma taxa destinada a custear a manutenção dos depósitos e indenizar os municípios que abriguem os mesmos.

### **3.5.2. Legislação Ambiental**

Em 30 de outubro de 1973, pelo Decreto 73.030, foi criada junto ao Ministério do Interior, a Secretaria Especial do Meio Ambiente (Sema), órgão autônomo de administração direta orientada para a conservação do meio ambiente e o uso racional dos recursos naturais. Sob a orientação da Sema foram estabelecidas regras importantes para a proteção do meio ambiente. Em 14 de agosto de 1975, foi editado o Decreto-Lei 1.413 sobre o controle de poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais obrigando as indústrias instaladas ou a se instalarem em território nacional a promover as medidas necessárias para prevenir ou corrigir os inconvenientes e prejuízos da poluição e da contaminação do meio ambiente. Em 3 de outubro de 1975, o Decreto 76.389 define o que é poluição industrial, as áreas críticas de poluição no país e as penalidades pelo não cumprimento da legislação. Em 15 de janeiro de 1976, através da Portaria/GM/0013, o Ministério do Interior, acolhendo proposta da Sema, estabelece a classificação das águas interiores do território nacional e

os padrões de qualidade para cada uma das classes estabelecidas e, em 27 de abril de 1976, pela Portaria 0231 foram estabelecidos os padrões de qualidade do ar.

Em 31 de agosto de 1981, foi aprovada a Lei 6.938, estabelecendo a Política Nacional para o Meio Ambiente (PNMA), ou seja, as diretrizes básicas para a gestão ambiental. Por esta lei foram criados o Sistema Nacional para o Meio Ambiente (Sisnama) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) e prevista a necessidade de um licenciamento ambiental e a revisão das atividades efetivas e potencialmente poluidoras, instrumento que viria a se constituir, segundo ROSADO (2000), num dos mais eficazes mecanismos preventivos para a gestão ambiental no que se refere à organização espacial das atividades potencialmente degradadoras do meio ambiente. O artigo 10, § 4, exclui de seu escopo o licenciamento de instalações nucleares, que permanece sob competência do Poder Executivo Federal.

Em 1985, foi promulgada a Lei 7.347, disciplinando a ação pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente.

---

Em 1º de janeiro de 1986, foi editada a Resolução Conama 001, estabelecendo as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente, definindo o conceito de impacto ambiental, as atividades modificadoras do meio ambiente que dependem da elaboração do Estudo de Impacto Ambiental – EIA, e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), o conteúdo mínimo e a forma de apresentação do RIMA, a responsabilidade da equipe multidisciplinar que realiza o EIA e a responsabilidade do proponente quanto às despesas e custos de realização do EIA/RIMA, pelo acompanhamento e monitoramento dos impactos.

Em 3 de dezembro de 1987, foi editada a Resolução Conama 009 que dispõe sobre os procedimentos para se realizarem as audiências públicas destinadas a expor aos interessados o conteúdo do produto em análise e do seu referido RIMA, dirimindo dúvidas e recolhendo dos presentes as críticas e sugestões a respeito.

Em 22 de fevereiro de 1989, foi promulgada a Lei 7.735 que dispõe sobre extinção de órgão e de entidade autárquica e cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama).

Em 18 de julho de 1989, foi sancionada a Lei 7.804, alterando a Lei 6.938/81 (Lei da Política Ambiental). Esta alteração foi feita para adaptar a lei à Constituição Federal de 1988 e delega ao Ibama a implementação e controle das diretrizes aprovadas. As atividades nucleares

continuariam a ser licenciadas pela CNEN mas, mediante parecer técnico do Ibama. *“Foi esta lei que instituiu a figura do licenciamento ambiental, com todos os fundamentos para a proteção ambiental do país, os quais vêm sendo regulamentados por decretos, resoluções, normas e portarias.”* (ROSADO, 2000).

Em 10 de outubro de 1989, foi editado o Decreto 97.632 sobre a exploração mineral. Dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, inciso VIII, da Lei 6.938/81, que trata de recuperação de áreas degradadas. Institui a exigência do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), que deve ser submetido ao IBAMA, quando da apresentação do EIA/RIMA. O PRAD é elaborado de acordo com as diretrizes fixadas pela NBR 13.030 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e outras normas pertinentes (ROSADO, 2000).

Em 6 de junho de 1990, foi editado o Decreto 99.274, com base na Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981, sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. O decreto determina responsabilidades para a execução da política nacional de meio ambiente, principalmente a relacionada com o licenciamento e inspeção de varias atividades que usam recursos naturais. A CNEN é reafirmada como a autoridade licenciadora para as instalações destinadas a produzir materiais nucleares ou a utilizar a energia nuclear e suas aplicações, mas deve obter a opinião do Ibama e das autoridades federais, estaduais e municipais de controle de meio ambiente.

Em 28 de dezembro de 1990, foram editadas a Resolução Conama 009 e Resolução Conama 010, que regulamentam o Licenciamento Ambiental de Extração Mineral e especificam a documentação necessária para a obtenção da Licença Prévia (LP), da Licença de Instalação (LI) e da Licença de Operação (LO). Para a obtenção da LI é necessário a apresentação do Plano de Controle Ambiental (PCA), contendo as medidas necessárias para minimizar o impacto ambiental, o que, na prática, implica que o operador deve fazer a recuperação do meio ambiente degradado.

Em 9 de outubro de 1995, através da Resolução Conama 005, foram estabelecidos dez comitês técnicos permanentes para suportar seus trabalhos. O comitê para energia e transporte tem a responsabilidade de preparar e analisar propostas para programas de energia, incluindo a nuclear, bem como padrões de proteção do meio ambiente no setor de energia. Depois de analisadas pelos comitês, as propostas são submetidas ao Conama.

Em 22 de dezembro de 1997, foi aprovada a Resolução Conama 237, buscando aperfeiçoar o Sistema de Licenciamento de Atividade Poluidora (SLAP). A resolução fixou as competências privativas do órgão federal de meio ambiente para o licenciamento ambiental. Entre as atividades

poluidoras estão *“as destinados à pesquisa, lavra, produção, beneficiamento, transporte, armazenamento, e deposição de material radioativo, em qualquer estágio ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da CNEN”*.

Em 12 de fevereiro de 1998, foi aprovada e entrou em vigor em 30 de março de 1998, a Lei 9.605, chamada “Lei dos Crimes Ambientais”, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e, principalmente, que, constatada a degradação ambiental, o responsável pela poluição é obrigado a promover a recuperação. A lei veio fortalecer a PNMA pela unificação de toda a legislação pertinente. Por esta lei, incorre em crime ambiental quem executar pesquisa, lavra ou extração de recursos minerais sem a competente autorização, permissão concessão ou licença, ou em desacordo com a obtida, incluindo-se quem deixar de recuperar a área pesquisada ou lavrada, nos termos da autorização, permissão, licença, concessão ou determinação do órgão competente. Esta lei foi regulamentada pelo Decreto 3.179 de 21 de outubro de 1999.

---

O DNPM, no dia 18 de outubro de 2001, editou a portaria 237, aprovando as Normas Reguladoras de Mineração (NRM) de que trata o artigo 97 do Decreto Lei 227 de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Dentre estas normas destaca-se a NRM 19 - Disposição Estéril, Rejeitos e Produtos; NRM 20 - Suspensão, Fechamento de Mina e Retomada das Operações Minerais e NRM 21 - Reabilitação de Áreas Pesquisadas, Mineradas e Impactadas. Estas normas deram maior clareza a um aspecto que até então não vinha recebendo atenção especial na legislação mineral.

### **3.5.3. Legislações Estaduais**

A legislação estadual sobre energia nuclear praticamente não existe no Brasil, em razão do monopólio da União. Em 26 de setembro de 1984, o Supremo Tribunal Federal declarou que a Emenda 16, de 6 de novembro de 1980, da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, prevendo a aprovação através da Assembléia Legislativa Estadual e do voto popular, da construção em seu território, de plantas de geração de energia núcleo-elétrica e instalações para produzir ou processar materiais radioativos, contrariava o artigo 13 (III) da Constituição Federal do Brasil, segundo o qual os Estados da República Federativa do Brasil não podem emendar regras legislativas fixadas de acordo com os artigos 46 e 59 da Constituição Federal vigente na



época, contrariando também o artigo 8 (VIII) da Constituição Federal que estabelecia que somente o executivo federal tem competência para legislar em matéria de energia (NLB, 1989).

#### **3.5.4. Normas da CNEN**

As normas da CNEN, editadas para controlar as atividades da indústria do urânio, são apresentadas a seguir. No Apêndice C, são apresentados os extratos dos itens das normas que se aplicam ao fechamento de minas e usinas de urânio e no Apêndice D é apresentada a lista de normas da CNEN que se aplicam na regulação da indústria do urânio.

Em 17 de dezembro de 1973, através da Resolução CNEN 6, foram aprovadas as Normas Básicas de Proteção Radiológica, estabelecendo os princípios básicos da proteção radiológica aplicáveis à produção, processamento, manuseio, uso, transporte e deposição de materiais radioativos naturais e artificiais. A norma define conceitos e estabelece limites máximos permissíveis e o sistema de registro de doses. Em 21 de maio de 1975, foi emitida a Resolução CNEN 01, contendo as Normas de Proteção Radiológica para o Ciclo de Produção de Urânio e Tório cujo objetivo é complementar as diretrizes aprovadas em 1973 e visam a proteção dos trabalhadores em minas e usinas de tratamento físico e químico de minérios de urânio e tório e estabelecem medidas administrativas cabíveis (NLB, 1979). Essa resolução foi revogada em 19 de julho de 1988, através da Resolução CNEN 12, que aprovou em caráter experimental a Norma CNEN-NE-3.01: Diretrizes Básicas de Radioproteção, abrangendo os princípios, limites, obrigações e controles básicos para a proteção do homem e do seu meio ambiente contra possíveis efeitos indevidos causados pela radiação ionizante. A norma aplica-se às pessoas físicas e jurídicas envolvidas na produção, uso, posse, armazenamento, processamento, transporte ou deposição de fontes de radiação. Esta norma está baseada na recomendação da *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) 26 (ICRP, 1977) e foi publicada no DOU em 01 de agosto de 1988. O texto foi aprovado definitivamente através da Resolução 32/88 e publicada como Norma CNEN - 3.01, no dia 26 de janeiro de 1989.

Em 24 de agosto de 1977, foi publicada a Resolução CNEN 09 sobre o Transporte Seguro de Material Radioativo de acordo com as recomendações da IAEA.

Em 10 de novembro de 1980, através da Resolução CNEN 07, foi editada a Norma Experimental CNEN-NE-1.10 – Segurança de Sistemas de Barragem de Rejeitos Contendo

Radionuclídeos, “*estabelecendo as informações e requisitos mínimos exigidos pela CNEN para a emissão do Certificado de Aprovação do Relatório de Análise de Segurança relativo a um Sistema de Barragem de Rejeitos Contendo Radionuclídeos, tendo em vista assegurar níveis de contribuição de radioatividade ao meio ambiente tão baixos quanto razoavelmente possíveis*”. A norma se aplica ao projeto, construção, operação e descomissionamento de sistemas de barragens de rejeitos e onde é definido o termo descomissionamento de um Sistema de Barragem de Rejeitos (SBR) como “*atividade que se inicia logo após cessarem as operações de lançamento de rejeitos no reservatório, prolongando-se até que se possa prever a não ocorrência de efeitos ambientais inaceitáveis*”, o que, de acordo com o item 7.3 - Programa de Descomissionamento, implica ações de estabilização física e química, de modo a assegurar que os efluentes do SBR atendam, naturalmente, os níveis regulatórios aceitáveis, a fim de evitar, tanto quanto possível, necessidades de coletar e tratar drenagens. O compromisso de estabilização, controle e manutenção do SBR a longo termo, devem constar como cláusula obrigatória de qualquer transação imobiliária sobre a propriedade da área onde está situado.

Em 4 de dezembro de 1984, foi publicada a Norma Experimental CNEN-NE-1.04 - Licenciamento de Instalações Nucleares, regulando o processo de licenciamento de instalações nucleares, “*aplicando-se às atividades relacionadas com a localização, construção e operação de instalações nucleares, abrangendo e definindo as etapas de aprovação do local, licença de construção, autorização para utilização de material nuclear, autorização para operação inicial (AOI), autorização para operação permanente (AOP), e o cancelamento de autorização para operação*”. O cancelamento pode ser feito a pedido da operadora antes do seu término. O requerimento deve prever a desmontagem da instalação, a disposição de suas partes, e incluir, se for o caso, informações relativas aos procedimentos e técnicas propostas para alienação do material radioativo e descontaminação do local. O requerimento deve demonstrar que a desmontagem da instalação e a disposição de suas partes serão realizadas de maneira segura, de acordo com normas da CNEN, e que não acarretará nenhum prejuízo à saúde e à segurança da população como um todo.

Em 17 de dezembro de 1985, pela Resolução CNEN 19, foi editada a Norma Experimental de Gerenciamento de Rejeitos e Controle de Rejeito Radioativo (NLB, 1986). Em 25 de julho de 1989, pela Portaria - CNEN/Dex I - 03, foi editada a norma experimental CNEN-NE-1.13 - Licenciamento de Minas e Usinas de Beneficiamento de Minérios de Urânio e/ou

Tório, para regular o processo de licenciamento dessas minas e usinas, *“aplicando-se às atividades relacionadas com a localização, construção e operação das mesmas, não se aplicando às fases de reconhecimento geológico, prospecção e pesquisa mineral”*. De acordo com essa norma a licença é concedida em cinco etapas sequenciais: aprovação de local; aprovação de construção; aprovação de uso de material nuclear; autorização de operação inicial e; autorização de operação permanente. São exigidos também planos de deposição de rejeitos e planos de emergência. A norma prevê no item 5.7 a necessidade de estimativa do possível impacto biológico que a mina e/ou usina possa causar ao meio ambiente, medidas de proteção do meio ambiente e o uso atual e futuro do local e circunvizinhança da mina e/ou usina. No Apêndice B, temos o destaque das principais exigências das normas da CNEN, relacionadas especificamente com a desativação e descomissionamento de minas e usinas de urânio.

### **3.6. Conclusão do Capítulo 3**

---

Embora a Austrália, Brasil, Canadá, EUA e França ocupem diferentes papéis no cenário mundial da indústria do urânio, a evolução da regulação e as atribuições das agências reguladoras seguiu aproximadamente o mesmo modelo.

Inicialmente, nas décadas de 40 e 50, a legislação e as agências reguladoras do setor nuclear estavam cuidando de assegurar o controle governamental da produção e estocagem de matéria prima, visando atender os programas de segurança nacional, um reflexo do primeiro uso que se fez da energia nuclear, a fabricação da bomba atômica. Nessa época, as minas e usinas de urânio eram consideradas tais quais minas e usinas de outros bens minerais, pouca ênfase sendo dada à segurança e proteção radiológica dos trabalhadores, ao gerenciamento de rejeitos radioativos e a proteção do meio ambiente e da população contra os possíveis riscos e danos da radioatividade.

No início dos anos 60, o uso da energia nuclear também passou a incluir a geração de energia elétrica, o que levou a Austrália, Canadá e os EUA a incentivarem a criação da indústria privada do urânio. Na França, a produção continuou sob domínio estatal, modelo seguido até os dias de hoje. O Brasil, onde a produção de urânio iniciou em 1982, seguiu um modelo semelhante ao da França.

Aos poucos, as atribuições das agências reguladoras nos países estudados foram sendo modificadas de modo a separar as atividades de produção e incentivo do uso da energia nuclear, das

atividades de regulação e controle da segurança nuclear e da proteção radiológica. No Canadá, foi criado, em 1952, a *Atomic Energy Canadá Limited*, para desenvolver o uso pacífico da energia nuclear. Nos EUA, após o incentivo à iniciativa privada para produção de urânio e energia nuclear elétrica na década de 60, as responsabilidades pela regulação foram reformuladas e redistribuídas entre 1974 e 1977, com a extinção da *US Atomic Energy Commission*, e a divisão de suas atribuições entre a *US Nuclear Regulation Commission*, responsável pelo licenciamento e controle, e o *US Department of Energy*, responsável pelo incentivo à produção de energia. Na Austrália, a separação das atribuições deu seu grande passo em 1987, com a extinção da *Australian Atomic Energy Commission* que foi substituída pela *Australian Nuclear Science Technology Organization* com foco de pesquisas em outros usos pacíficos dos radionuclídeos. No Brasil e na França, apesar de terem sido criadas, respectivamente, as Empresas Nucleares Brasileiras, em 1974, e a *Compagnie Générale des Matières Nucléaires*, em 1975, destinadas à produção de urânio, o controle e o incentivo da produção continuam até hoje sob a égide das agências reguladoras. A situação mais esdrúxula é a do Brasil, onde a Comissão Nacional de Energia Nuclear continua detendo as atribuições de regulador, licenciador, fiscalizador e produtor.

Com a intensificação dos conceitos de proteção ambiental e de desenvolvimento sustentável nas décadas de 70 e 80, as agências reguladoras do setor passaram a perder espaço e força política, tendo que submeter suas decisões ou trabalhar junto aos órgãos de proteção ao meio ambiente e de proteção ao trabalhador e à saúde, chegando no final do século a uma situação em que os licenciamentos de novas instalações passaram a ser controlados muito mais pelas agências ambientais do que pelas agências reguladoras da energia nuclear. As exigências de avaliação de impacto ambiental, plano de gerenciamento de rejeitos e plano de desativação, passaram a ser instrumentos fundamentais para a mudança de mentalidade e para aumentar a garantia de proteção ao meio ambiente e à população, objetivos que os planos de radioproteção ambiental não conseguiram alcançar.

Outras mudanças significativas ocorridas na década de 60 foram: a exigência da Austrália e Canadá, principais países produtores, de que o urânio exportado por eles fosse usado apenas para fins pacíficos, através de acordos e salvaguardas bilaterais para garantir esta exigência; e a permissão da participação do público na mesa de decisão para o licenciamento de novos empreendimentos e licenciamento das desativações das minas e usinas, bem como a decisão sobre o uso futuro dos terrenos das instalações.

No final da década de 70, tiveram lugar, principalmente na Austrália, Canadá e EUA, os grandes inquéritos para investigar os efeitos adversos decorrentes da indústria do urânio, notadamente aqueles decorrentes do mal gerenciamento de rejeitos das usinas, sobre o meio ambiente, e as audiências públicas para se acordar as condições necessárias para que a indústria de urânio fosse aceita em seus territórios. Dessas audiências, foi exigida uma ação mais rigorosa sobre as indústrias, visando melhorar o gerenciamento de rejeitos e a proteção ambiental, o direcionamento das pesquisas para a resolução dos problemas advindos do gerenciamento inadequado dos rejeitos e o fortalecimento das agências ambientais. Em decorrência da nova ordem de proteção ambiental, foram aprovadas as primeiras leis exigindo a remediação das áreas de minas e usinas de urânio, considerando que os rejeitos mal gerenciados causam danos à saúde da população vizinha às instalações. As primeiras iniciativas nesse sentido ocorreram em 1978, no Território do Norte, na Austrália, em 1980 na França, e em 1982, nos EUA e Canadá.

Destaca-se que na Austrália, Canadá e EUA a remediação de minas e usinas tem a participação direta dos Estados onde elas estão localizadas e na França, a palavra final é dada pelo prefeito da cidade sede do empreendimento. No Brasil, além da legislação centralizar as decisões nas mãos de organismos federais, os organismos estaduais e municipais ainda não aprenderam a ocupar seu espaço na tomada de decisão, ainda que a Constituição Federal admita a legislação concorrente sobre questões de meio ambiente.

Na década de 90, verificaram-se em alguns países, novas iniciativas no sentido de separar as atribuições de produção, fiscalização e controle de materiais radioativos. Na França, em 1993, a *Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs* foi separada do *Commissariat à l'Énergie Atomique*, constituindo-se numa agência específica para controlar o gerenciamento dos rejeitos produzidos pela indústria de urânio. Em 2002, com a criação do *Institut de Radioprotection e Sûreté Nucléaire* a França separou definitivamente o sistema de controle e fiscalização, das atividades de fomento da energia nuclear.

Na Austrália, foi criada a *Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency* voltada especificamente para a proteção radiológica e no Canada, já neste século foi fechado o *Atomic Energy Control Board* e substituído pela *Canadian Nuclear Safety Commission*, selando esta política de separação de atribuições no país.

O Brasil ainda tem muito de sua segurança nuclear baseada nos planos de radioproteção das instalações e pouca participação do público nas decisões. Novas leis, como a Lei 10.308 de 20

de outubro de 2001, que dispõe sobre a gestão de depósitos de rejeitos radioativos, continuam a manter na CNEN as atribuições de regulador, licenciador, fiscalizador e produtor, e as outras agências ainda não se dispuseram a ocupar um espaço como já ocorreu nos outros países estudados. Mais recentemente as diversas agências nacionais vêm se utilizando da assinatura de convênios com a CNEN, como forma de participar de maneira mais unificada para a solução de problemas comuns às suas áreas de atuação.

---

## **CAPÍTULO 4 O GERENCIAMENTO DE REJEITOS E O FECHAMENTO DE MINAS E USINAS DE URÂNIO NOS PAÍSES SELECIONADOS**

### **4.1. Austrália**

#### **4.1.1. Exploração e Produção de Urânio**

A exploração de urânio na Austrália iniciou em 1947. Até 1961, as atividades receberam incentivo do Estado na forma de recompensa pela descoberta de minério de urânio. As explorações eram feitas por prospectores individuais, empresas privadas e órgãos governamentais. Em 1949 e 1953, foram descobertos, respectivamente, os depósitos de Rum Jungle e South Alligator, no Território do Norte e em 1954, o depósito de Mary Kathleen, no Estado de Queensland. Devido à abrupta queda da demanda de urânio, a prospecção praticamente foi interrompida entre 1961 e 1966 (NEA, 1995). Uma segunda fase de prospecção, encorajada pelo anúncio de uma nova política de exportação, ocorreu de 1966 até 1977 e teve também a participação de empresas privadas nacionais e internacionais. Nesta fase, foram descobertas 19 jazidas das as de Ranger (1969) e Nabarlek (1970), no Território do Norte e Olympic Dam (1975), no Estado da Austrália do Sul, se tornaram minas (NEA, 1977; NEA 2000).

Em 1975, o governo estabeleceu uma divisão de exploração junto à AAEC mas, já em 1977, com a mudança de política, essa divisão deixou de atuar (NEA, 1977). Nessa época, havia restrições para as empresas estrangeiras de produção de urânio. A política governamental para novos projetos envolvendo investimentos externos, previa que a participação australiana devia ser, no mínimo, de 75% e que o controle administrativo fosse exercido por grupo australiano (NEA, 1977).

Na década de 1980, a exploração continuou, mas em ritmo menos intenso, embora se verificasse um crescimento entre 1985 e 1988. Depois de 1994, houve um sensível declínio exploratório devido ao excesso de oferta de urânio ocasionada pela venda desse bem mineral pelos países da antiga URSS (NEA, 2000).

A produção de urânio na Austrália iniciou em 1954 com o recomissionamento da mina de Radium Hill, antiga mina de rádio no Estado da Austrália do Sul, como mina de urânio. De 1954 a 1971 foram produzidos um total de 7.800 tU para atender contratos com a *United Kingdom Atomic Energy Authority* e com a *Combined Development Agency*, uma *joint venture* de compra dos órgãos de defesa do Reino Unido e EUA. Os maiores produtores dessa época, conforme pode ser visto na

Tabela 4.1, foram as minas de Rum Jungle no Território do Norte e Mary Kathleen no Estado de Queensland. O urânio também foi produzido em vários depósitos pequenos na região de South Alligator Valley, no Território do Norte. A produção do país foi interrompida quando os contratos venceram em 1971 mas, em Rum Jungle, ela continuou até a exaustão da reserva e o urânio produzido foi estocado. A produção recomeçou com a retomada das operações em Mary Kathleen, em 1976. Em 1977, esta era a única mina em operação no país e a sua capacidade era de, aproximadamente, 500 tU/ano (NEA, 1977).

Em agosto de 1977, seguindo recomendações do segundo relatório do RUEI, o governo federal anunciou sua decisão de dar continuidade à expansão e ao desenvolvimento da indústria de urânio australiana sob condições estritamente controladas. No caso particular do desenvolvimento da reserva de Ranger, decidiu-se dar seqüência ao acordo firmado desde outubro de 1975 com empresas privadas. Nesse acordo, o Estado, através da AAEC, participava de uma *joint venture*, juntamente com a PekoWallsend Ltd e a Electrolytic Zinc Company of Australasia Ltd. A mina foi projetada com uma capacidade de produzir 2.540 tU/ano (NEA, 1977; DAVE BURROWS, 1983). A produção em Ranger foi iniciada em 1981, com mina a céu aberto (NEA, 1989). A lavra do Corpo 1 de Ranger foi encerrada em dezembro de 1994 e a pilha de minério lavrado foi considerada suficiente para processamento até o final de 1999, com a usina operando à sua capacidade nominal. A *Energy Resources of Australia* (ERA), proprietária do projeto, propôs o uso da cava da mina como depósito de rejeitos da usina e o desenvolvimento do Corpo 3, também com lavra a céu aberto (NEA, 1995). A lavra do Corpo 3 iniciou em 1996, retomando-se no mesmo ano o processamento contínuo com a capacidade de produção aumentada para 5.000 tU/ano. Nesse mesmo ano, a companhia começou a depositar rejeito na cava do Corpo 1 (NEA, 1998). A mina de Ranger continua em operação nos dias de hoje. A operação da mina de Nabarlek, no Território do Norte, foi iniciada em 1979 e o minério foi totalmente lavrado e estocado durante esse ano. Entre 1980 até 1988, ele foi processado numa usina com capacidade instalada de 1.270 tU/ano.

Em 1988, foi iniciada a produção em Olympic Dam, Austrália do Sul, através de uma mina subterrânea com capacidade para produzir 1.610 tU/ano (NEA, 1992). Nesta mina são extraídos também cobre, ouro e prata. Em julho de 1996 a Western Mining Corp Holdings Ltd. (WMC), empresa que controla o empreendimento, solicitou licença para expandir a capacidade de produção para 4.600 tU/ano, o que equacionaria a empresa para expansões futuras. A indústria ainda opera



**Tabela 4.1. Informações sobre as Minas de Urânio da Austrália cujas Atividades já foram Encerradas**

<b>Mina</b>	<b>Período de Operação</b>	<b>Minério Processado (1000 t)</b>	<b>Rejeito da Usina na Bacia de Rejeitos (1000 t)</b>	<b>Material Retirado da Mina (1000 t)</b>	<b>Teor de U No Minério (%)</b>	<b>Produção Total de U (tU)</b>	<b>Custo de Regeneração (US\$ 10<sup>6</sup>)</b>	<b>Período de Ação</b>	<b>Área da Bacia de Rejeitos (ha)</b>
Radium Hill	1954 - 1962	970			0,09 - 0,13	720		1981 - ?	
Rum Jungle	1954 - 1971	863		14.283	0,24 - 0,35	2.993	12,00	1983 - 1988	
Mary Kathleen	1958 - 1963 1975 - 1982	2.900 6.300	7.000	31.000	0,13 0,08	3.460 4.072	19,00	1982 - 1986	28,5
Moline	1959 - 1964	120			0,30 - 0,58	441			
Rockhole	1959 - 1962	13,5			0,95	117			
Nabarleck	1979 - 1988	600		3.200 <sup>a</sup>	1,70	9.207		1994-1995	
Myponga	1953 - 1955	340			0,22 - 0,37				

Fonte: UIC, 1999. a - WEATHERHEAD, 1986. Adaptado pelo Autor.

com a capacidade de 1988 (NEA, 2000). A produção de urânio na Austrália, desde 1988, é feita em duas minas, Ranger e Olympic Dam e é suficiente para manter o país como o maior exportador mundial.

Durante toda sua existência, de 1953 a 1987, a AAEC atuou como uma empresa de mineração de urânio e através do suporte financeiro, ela representou o Governo Australiano em várias minas de urânio. A ANSTO, sua sucessora, está agora envolvida com as atividades de remediação dos locais das minas antigas, e a ação em conjunto com os atuais produtores, para garantir que as operações ocorram de acordo com as normas ambientais e para que seja aplicada a melhor tecnologia disponível (GARNETT, 1996).

#### **4.1.2. Políticas de Gerenciamento de Rejeitos e Fechamento de Minas e Usinas de Urânio**

##### **4.1.2.1. Minas Antigas**

---

No início das atividades de exploração de urânio na Austrália, a maioria das minas tinha lavra a céu aberto e o minério extraído era tratado em usinas localizadas ao lado das minas, usando-se lixiviação com ácido sulfúrico; eram localizadas em regiões remotas e relativamente áridas, com exceção de Rum Jungle, localizada numa floresta tropical. Como não havia nenhuma obrigação formal para que os operadores remediasssem os locais, as medidas de proteção ambiental que foram tomadas eram nulas. Os locais eram abandonados depois que as construções eram desmontadas e os equipamentos recuperados. Os rejeitos eram abandonados sem estabilização ou cobertura. Algumas minas abandonadas começaram se tornar uma fonte de exposição de membros do público e causar efeitos danosos, devido à lixiviação de radionuclídeos e de metais pesados, o que recebeu grande destaque da imprensa do país (FRY e MORISON, 1982; WALKER et al., 1983).

O primeiro programa de remediação da Austrália foi desenvolvido na região de Rum Jungle. A extração de minério em Rum Jungle, iniciada em 1954, foi feita em 5 corpos de minérios, distantes alguns quilômetros um do outro, lavrados a céu aberto. Os rejeitos foram depositos inicialmente em barragens rudimentares e, após 1958, foram depositados na cava da mina White. No final da vida útil do empreendimento, a AAEC empreendeu estudos para identificar a extensão e grau dos prováveis danos ambientais e fontes de poluição. Entretanto, com o encerramento das atividades de mineração, em 1971, foi decidido pelo governo federal que os fundos não estariam

mais disponíveis para qualquer remediação e a área foi simplesmente abandonada. Depois de alguns anos, a mina de Rum Jungle tinha se tornado um dos maiores e notórios problemas de poluição da Austrália, devido à oxidação dos sulfetos pelo oxigênio do ar, acelerada pela ação bacteriana e a conseqüente liberação de águas ácidas contendo radionuclídeos e metais pesados no rio East Finiss. O clima de monção, com média anual de 1.500 mm de chuva, aliado com a mineralização de pirita na área, criou condições ideais para esse processo (UIC, 2001).

Uma primeira tentativa de remediar a região de Rum Jungle foi iniciada em 1977, com o estabelecimento de um grupo de trabalho para examinar melhor a remediação. Um programa custeado por um fundo do governo federal de A\$ 16,2 milhões foi desenvolvido em 1983-1988. Um programa suplementar de A\$ 1,8 milhões, para melhorar a pilha de bota-fora da mina Rum Jungle Creek South, foi desenvolvido em 1990-1991 (UIC, 2001). Segundo outra fonte de informação, a verba prevista era A\$ 12 milhões em 1980, com os custos baseados num projeto para cobrir os rejeitos da usina e os rejeitos das minas com solo e vegetais e tratar a água altamente contaminada que estava acumulada na cava da mina. A meta estabelecida era *“reduzir significativamente a liberação de poluentes, pois não era considerada prática a sua eliminação”* (FRY e MORISON, 1982).

A remediação da região de Radium Hill, onde havia uma mina subterrânea localizada em local remoto, árido e semi desértico, mas que apresentava erosão da barragem de rejeitos, foi realizada pelo governo da Austrália do Sul em 1981. Muros de arrimo foram construídos nas quatro laterais da barragem e a superfície foi recoberta com camada de argila compactada na espessura de um metro (FRY e MORISON, 1982).

A mina de Mary Kathleen, localizada no Estado de Queensland, operou em duas fases. A primeira, de 1958 a 1963 e a segunda, de 1975 a 1982. Para a operação da mina foi construída uma vila de 220 casas, praças, lojas comerciais e praças de esportes. A água para operação e para a vila era captada em duas represas distantes 15 e 35 km da instalação. A lavra era a céu aberto e a área da mina era de 25 ha. O bota-fora foi depositado em pilhas próximo da mina, ocupando uma área de 64 ha. O rejeito da usina de tratamento químico era neutralizado e bombeado para uma bacia de rejeitos, com área de 28,5 ha, localizada a 1,5 km a montante da bacia do Ribeirão Cameron. Outra bacia, revestida com material sintético impermeável, foi usada para deposição do rejeito da mina. Os líquidos percolados das pilhas e bacias de rejeitos eram acumulados num açude reforçado com concreto armado, onde eram deixados para evaporação e num sistema de barragens que ocupavam

em conjunto uma área total de 60 ha, com capacidade de acumular 60 milhões m<sup>3</sup> de líquidos. Essas bacias contavam com piezômetros e com sistemas de captação e bombeamento, para enviar qualquer água percolada de volta para as bacias.

Na primeira fase de operação, os conceitos de proteção ambiental eram menos sofisticados que hoje e qualquer condição especial exigida para conceder a licença era geralmente limitada a medidas para prevenir a liberação de água impura da mina pela decantação das lamas. Depois que a mina era licenciada, os procedimentos e cuidados não mudavam, a não ser que houvesse novas exigências em reunião com órgãos reguladores (WARD e COX, 1984).

A licença da segunda fase de operação, feita dentro das novas exigências legais que começaram a ser estabelecidas a partir de 1975, continha um detalhado estudo de impacto ambiental cobrindo todos os aspectos do desenvolvimento da fase de operação até o descomissionamento e a remediação segundo legislação federal, porque o Estado ainda não havia criado legislação incorporando o código de prática de 1975 (WARD e COX, 1984; URANIUM 1998).

Para a elaboração do plano de fechamento, foi constituído um grupo dentro da Mary Kathleen Uranium Ltd (MKU), empresa proprietária da instalação. O grupo visitou inúmeras instalações no mundo, discutindo com autoridades reguladoras, operadores e consultores da Austrália, Canadá, EUA, França, Namíbia e África do Sul. Os aspectos levados em conta nesta consulta eram o clima, vegetação, uso futuro da terra, população e economia.

Segundo análises econômicas, o fechamento de Mary Kathleen representava uma perda de A\$ 19 milhões/ano na renda regional, causando o desemprego de 450 pessoas em 6 meses, o que excedia a capacidade de absorção de mão-de-obra pelas indústrias locais. Além dos aspectos citados, havia vários fatores de natureza social, com influência no processo de fechamento e considerados mais difíceis de quantificar, tais como a atitude do público local para com Mary Kathleen e a grande e inesperada percepção da população da região em relação a Mary Kathleen, apesar da sua distância dos principais centros populacionais (Mount Isa, com 27 mil habitantes, distante a 60 km; Cloncurry, com 2500, distante a 70 km e a vila de Mary Kathleen, com 1000 habitantes). Dado o interesse especial da comunidade sobre a mina de urânio e a ausência de exigências estéticas ou de uso da terra, foi elaborado um plano detalhado de fechamento e remediação que seguia três princípios básicos:

- tornar todas as áreas seguras para o acesso do público, quanto à radiação e segurança física;

- remover todas as estruturas que podiam deteriorar-se e tornar-se inseguras com o tempo;
- estimular a revegetação natural sobre as superfícies, tornando-as mais resistentes à erosão.

A principal meta era deixar o local em condições seguras e satisfatórias de acordo com o uso futuro da área, descartando qualquer manutenção previsível e minimizando as monitorações. Quando o plano fosse completado, a única restrição sobre o uso futuro do local deveria ser a necessidade de controlar a construção de edifícios sobre as bacias de rejeitos e de evaporação de água, pilhas de bota-fora e áreas da mina, como precaução para evitar uma possível exposição aos produtos de decaimento do radônio.

O *Queensland Department of Mines*, que era a autoridade reguladora do governo do Estado, com função de analisar e aprovar o plano, recebeu o documento em maio de 1982, seis meses antes do encerramento das atividades. De acordo com o plano aprovado, a cava da mina, com uma profundidade de 230 metros, apresentava, segundo avaliação feita por especialistas em mecânica de rochas, bancadas tão estáveis quanto os penhascos da região, tendo sido descartada qualquer providência para estabilização. Havia bancadas mais largas em diferentes níveis, suficientes para retenção de rochas que viessem a se soltar e foram construídas barreiras de contenção nas bancadas mais estreitas. A taxa de exposição gama e a concentração de atividade dos filhos de radônio estavam abaixo dos limites estabelecidos no país. As vias de acesso a todas as bancadas e aos principais declives foram bloqueados ao trânsito de veículos e gado, usando para isso material do bota-fora. A estrada de acesso foi arada e recebeu semeadura de plantas locais. A água acumulada na cava foi considerada boa, prevendo-se que com o tempo seu teor de sulfato e sólidos em suspensão iria aumentar. A água subterrânea coletada a jusante das bacias de rejeito e de evaporação durante a etapa de remediação foi também transferida para a cava da mina. Pelo balanço entre a taxa de evaporação e o índice pluviométrico na área da cava da mina, foi previsto que iria ocorrer uma estabilização do nível da lâmina d'água entre 40 e 50 m de profundidade.

As análises de estabilidade das pilhas de bota-fora não evidenciaram nenhuma probabilidade de falha nos maciços. Ensaios de lixiviação do material das pilhas por água de chuva comprovaram que, praticamente, não havia liberação de metais pesados e que o líquido final era fracamente alcalino. Medidas de taxa de exposição gama e exalação de radônio nas superfícies das pilhas indicaram áreas com concentrações elevadas que foram cobertas com material dos bota-foras intemperizados. A remediação foi desenvolvida de modo a facilitar o crescimento de vegetação natural sobre as superfícies e controlar a erosão das paredes. O topo da superfície foi preparado

mecanicamente após receber uma camada entre 30 a 50 cm de rocha intemperizada misturada com solo vegetal. Depois disso, foi feita a semeadura de sementes de plantas locais incluindo gramas, arbustos e árvores.

Com a desativação do empreendimento, o plano para a usina previa o descomissionamento e venda em leilão, daquilo que tivesse valor econômico. Após a monitoração de todos os equipamentos, estruturas e áreas, foi definindo como seria o programa de limpeza e descomissionamento. O procedimento adotado incluía a remoção dos equipamentos, das estruturas em aço e de uma camada da superfície onde o solo dos locais estavam contaminados, acerto da superfície e revegetação. As estruturas em concreto armado foram deixadas no local como marco para que as gerações futuras pudessem identificar onde estava a usina. Aquilo que não compensava descontaminar foi demolido e enterrado na bacia de rejeitos (equipamentos e construção do secador de concentrado de urânio, espessadores de concentrado de urânio e suas tubulações, tanques de extração por solventes e suas tubulações, equipamentos de clarificação, tubulação de rejeitos, e tanque de lixiviação). O restante foi descontaminado, até os limites estabelecidos em lei, lavando-se com jatos de água de alta pressão, com solução ácida, escovas e jato de areia. Todo material líquido e o sólido produzido neste local, inclusive o solo contaminado, foi enterrado na bacia de rejeitos.

O custo final de remediação de Mary Kathleen, apurado em 1985, foi de A\$ 19 milhões (URANIUM, 1998).

#### **4.1.2.2. Minas Recentes**

Dentre as minas mais recentes, a única que foi desativada e sua área remediada foi a mina de Nabarlek. O empreendimento, de propriedade da Queensland Mines Ltd., incluía mina a céu aberto, bacia de evaporação de líquidos e usina de tratamento, que usava em seu processo a lixiviação com ácido sulfúrico.

Como o clima na região é bastante chuvoso, impedindo o acesso na época das chuvas, a lavra foi realizada num único semestre. O rejeito da usina, produzido ao longo dos anos de operação, foi deposto dentro da cava da mina e as águas depostas em bacias de evaporação. O sistema de gerenciamento de águas era contido numa zona de exclusão conhecida como “*Restricted Release Zone*” sendo proibido que a água do empreendimento ultrapassasse esta zona, a não ser águas subterrâneas.

Para o descomissionamento e remediação, a instalação foi dividida em quatro áreas - bacia de rejeitos da usina, sistema de gerenciamento de águas, usina e revegetação. A remediação do local da mina de Nabarlek foi completada com sucesso em 1995 e a monitoração ambiental do local continua sendo feita. O OSS, com suporte técnico do ERISS, coordena e supervisiona as medidas de proteção e restauração do meio ambiente no Território do Norte, incluindo a mina de Nabarlek, onde executa duas auditorias por ano e edita relatório público sobre a situação dos locais (NEA, 1999).

Para a desmontagem da planta, todo material sólido e líquido contendo urânio foi enviado para a estação de tratamento de rejeitos. Depois, foram retirados os motores e a instrumentação. Toda a tubulação foi retirada e enterrada na cava da mina. Os grandes equipamentos - tanques e moinhos - foram monitorados pelo serviço de proteção radiológica da instalação para avaliar a descontaminação e despachados para a cidade mais próxima (Darwin). A comparação entre os custos desta descontaminação, transporte e venda, com os custos de deposição na cava da mina definiram a providência a ser tomada. Parte da planta foi vendida em 1994 após ser limpa e descontaminada. O restante foi desmontado e enterrado na cava da mina juntamente com todo o entulho das construções e fundações.

Para a bacia de rejeitos, a maior dificuldade técnica foi em relação à consolidação dos rejeitos. De acordo com a licença de operação de Nabarlek, o rejeito da usina deveria ficar depositado sob uma lâmina d'água mínima de 2 metros, para impedir a exalação de radônio. Em 1985, devido a falta de espaço, a mineradora foi autorizada a secar a superfície num processo que ficou conhecido como "deposição sub-aérea". Em 1988, havia um cava com 73 m de profundidade, contendo 63 m de rejeitos com baixa porcentagem de sólidos e baixa velocidade de compactação. Uma das alternativas para acelerar a drenagem foi a utilização de um sistema de drenos sub-aéreos, constituídos de tubos plásticos furados recobertos de geotexto. Inúmeros destes tubos foram introduzidos no rejeito e a água acumulada dentro dos mesmos foi retirada por bombeamento. A dificuldade era o acesso de equipamentos pesados à bacia, para instalar os tubos. Depois da consolidação ser atingida, o restante do material do bota-fora foi colocado em camadas sobre a superfície que, em seguida, foi preparada e semeada com sementes de plantas da região.

As duas bacias de evaporação de água também foram usadas no gerenciamento de água de drenagem dos diferentes locais da planta. A bacia 1 tinha o papel de tanque de estocagem. Quando necessário, a água da bacia 1 recebia tratamento com cloreto de bário, filtração dos sólidos contendo rádio coprecipitado com sulfato de bário e transferida para a bacia 2 como uma

solução rica em sulfato de amônio. Foram propostas 13 alternativas de tratamento dessas águas na busca da “*best practicable technology*”. Para cada uma delas foram analisados os efeitos sobre o meio ambiente, incluindo a saúde do público, diferentes ecossistemas, flora, fauna, água subterrânea etc., com avaliação de custos.

Durante essas análises, a associação dos proprietários da terra - *Traditional Land Owners* vetou alternativas que eles consideraram que causariam risco para o meio ambiente. Uma das alternativas aceita foi o uso da água para irrigar 10 ha numa região de florestas e 10 ha numa região já degradada, próximo ao aeroporto local. Para lá, foram bombeados 400 mil m<sup>3</sup> de água da bacia 2.

O bota-fora foi usado para completar o enchimento da cava. Uma camada de bota-fora foi aplicada sobre a superfície como proteção à erosão e a cobertura com solo vegetal que havia sido estocada, completou o arranjo. A área toda foi semeada com uma mistura de grama e espécies nativas, de acordo com o plano de descomissionamento aprovado. Este trabalho foi completado no final de 1995. Depois de dois anos, a vegetação começou a ficar bem estabelecida e a erosão tem sido pouca. A monitoração e a pesquisa na área continuam, uma vez que Nabarleck representa a primeira remediação de uma mina de urânio de acordo com os princípios e práticas atuais (BAYLE, 1986; WEATHERHEAD, 1986; UIC, 2001).

#### **4.1.3. Impactos Sociais**

##### **4.1.3.1 O Inquérito Ambiental sobre a Mina de Urânio de Ranger**

O inquérito sobre os danos ambientais decorrentes do desenvolvimento dos depósitos de urânio de Ranger foi aberto em meados de 1975, com base no *Environmental Protection (Impacts of Proposals) Act*, aprovado em dezembro de 1974. A maioria das pessoas ouvidas no inquérito apresentaram evidências em benefício próprio, mas os comissários reconheceram um número de “*partes principais*”. Aquelas associadas com a mineração eram a Ranger Uranium Mines, a AECB e a Pancontinental Mining Ltd., as quais detinham a licença para explorar o depósito de Jabiluka, em local próximo ao norte da mina de Ranger. As partes principais que se opunham ao desenvolvimento eram a *Australian Conservation Foundation*, o *Conservation Council of South Australia* e *Friends of the Heath*. O *Northern Land Council* e o *Oenpelli Council* eram os principais representantes dos interesses dos aborígenes. As audiências estenderam-se até 12 de agosto de 1976, e os comissários



fizeram dois relatórios. O primeiro, sobre os assuntos gerais associados com o desenvolvimento da energia nuclear apresentado em 28 de outubro de 1976 e o segundo, sobre os efeitos sobre o meio ambiente da Região de Alligator Rivers apresentado em 17 de maio de 1977. As questões sobre os direitos de terras aborígenes e a criação do Parque Nacional de Kakadu foram os assuntos principais do segundo relatório.

Sobre os assuntos gerais, os comissários concluíram que nem as minas e usinas de urânio adequadamente regulamentadas e controladas, nem os perigos envolvidos numa operação rotineira de reatores nucleares, justificavam a proibição de extração e exportação de urânio. Concluíram também que o urânio não poderia ser tratado tal como uma outra *commodity* porque era necessário para o governo assegurar que o suprimento pudesse ser interrompido, se necessário, para ajudar a assegurar a estabilidade do mercado e assegurar “o desenvolvimento ordenado e econômico das atividades de mineração, evitando a pressão das indústrias em função do mercado”, por isso “propunham um desenvolvimento seqüencial das minas”.

Sobre os assuntos locais, os comissários deram atenção detalhada à necessidade de conciliar mineração com o bem estar dos aborígenes na região e a necessidade de proteger a vida selvagem e outros valores da área. Eles recomendaram que fossem acatadas as exigências dos aborígenes sobre suas terras sagradas e foram extremamente críticos às falhas do EIA/RIMA de Ranger, por permitir o impacto da mineração sobre os aborígenes. Os comissários propuseram que o uso das terras deveria seguir padrões que evitassem, o máximo possível, os conflitos (McCOOL, 1980).

## **4.2. Canadá**

### **4.2.1. Exploração e Produção de Urânio**

A exploração de urânio no Canadá começou em 1942, com trabalhos na região do lago Great Bear nos Territórios do Noroeste e do lago Athabasca na Província de Saskatchewan, executados por geólogos do *Geologic Survey of Canada* (GSC) e da Eldorado Mining and Refining Ltd., empresa desapropriada pelo Governo Federal em 1944, controlada pelo *Ministry of Trade*. Os trabalhos levaram à descoberta de depósitos pouco importantes. Em 1946, com a criação do AECB, todos os trabalhos passaram a ser coordenados por este órgão federal. Por recomendação do AECB, o governo decidiu em 1947 permitir e encorajar a prospecção e

exploração de minas de urânio pela iniciativa privada. Foi estabelecido um preço mínimo para o urânio mas, somente a Eldorado detinha o direito de compra do mineral ou do concentrado produzido e além disso deveria ser informada de todas as descobertas de urânio. Em 1946, foi descoberta a anomalia radioativa na região de Beaverlodge, na bacia do Athabasca, que viria a se tornar em 1953, a segunda mina de urânio do país. A prospecção privada começou em 1948 e atingiu o ápice em 1953. Gradualmente a Eldorado deixou a prospecção e a aquisição de áreas e o GSC deixou de juntar os prospectores à sua equipe de cartografia. De 1948 a 1953 o Canadá foi varrido por um exército de prospectores dentre os quais muitos amadores que sonhavam ficar ricos descobrindo urânio. Em 1952 foi descoberto o depósito que viria a ser a mina de Gunnar na região de Beaverlodge (ASHBROOK, 1984; BARSÍ, 1988).

O foco da atividade exploratória, que pode ser dividida em várias fases distintas, passou de Great Bear Lake, nos Territórios do Noroeste, a Beaverlodge em Saskatchewan, a Blind River/Elliott Lake em Ontário e de volta a Saskatchewan, na bacia do Athabasca, no final dos anos 1960. Estas duas últimas áreas têm sido as mais importantes do Canadá, suportando toda a produção de urânio até 1996 (NEA, 1998).

A fase mais recente de prospecção, iniciada em 1973, em resposta ao aumento do preço do urânio, atingiu o pico entre 1979 e 1980. Em 1981 foi descoberto o depósito de Cigar Lake (NEA, 1986). Desde 1981 a exploração tem declinado gradualmente (NEA, 1990).

O número de companhias com grandes programas de prospecção têm diminuído significativamente, entretanto, mais da metade dos 70 projetos considerados promissores em 1996/1997 foram ativamente explorados. Esta atividade continua hoje, essencialmente em áreas já exploradas anteriormente como a bacia do Athabasca em Saskatchewan e Kiggavik Trend nos Territórios do Noroeste (NEA, 2000).

A mina de Port Radium, nos Territórios do Noroeste, de propriedade da Eldorado, que havia sido fechada em 1940, foi reaberta em 1942 para produzir urânio destinado ao Projeto Manhattan.<sup>18</sup> Além de produzir e purificar o urânio a Eldorado era, em 1948, o agente exclusivo do governo para a negociação e administração dos contratos com as empresas da iniciativa privada interessadas em vender urânio para a USAEC e à *Atomic Energy Authority* do Reino Unido, a serem usados em projetos bélicos. No início de 1943 a mina expediu sua primeira carga de urânio para ser purificado na usina de Port Hope (ASHBROOK, 1984; BARSÍ, 1988).

---

<sup>18</sup> Projeto dos EUA para construção da bomba atômica.

Depois da II Guerra Mundial houve a primeira grande expansão da indústria de urânio. Esta fase de produção iniciou-se na região de Beaverlodge, ao norte de Saskatchewan com as minas de Beaverlodge, em 1953 e Gunnar, em 1955. De 1955 a 1958 numerosas minas de urânio foram abertas em Elliot Lake, ao norte de Ontário (Consolidated Denison, Spanish American, Panel, Stanrock, Cam-Met, Stanleigh, Milliken Lake e Lacnor); as minas de Pronto, Algom e Quirk na região do Blind River, em Ontário, começaram a produzir em 1955, 1956 e 1957 e na região de Bancroft, Ontário, as minas de Bicroft, Faraday e Canadian Dyno iniciaram a produção em 1956, 1957 e 1958 respectivamente. Em 1959 havia no Canadá 23 minas e 10 usinas em operação (HAMEL e HOWIESON, 1982; NEA, 1990).

Como em 1959 a USAEC decidiu que não estenderia os contratos de compra para atender as necessidades de defesa além de 1962, a produção de urânio começou a declinar rapidamente. Nos anos 60 a indústria de urânio sofreu sua maior depressão, o que deixou apenas duas companhias operando. Somente as minas de Stanrock, Can Met e Denison da Denison Mines Ltd. e as de Quirke, Panel, Nordic and Stanleigh, da Rio Algom Ltd. continuaram produzindo. Embora o primeiro contrato comercial de venda de urânio para empresas produtoras de energia elétrica fossem assinado em 1966, foi somente em meados dos anos 70 que os preços e a demanda aumentaram suficientemente para promover a expansão na exploração e no desenvolvimento de depósitos. Com o choque do petróleo, nos anos 70, observou-se novo impulso que resultou na descoberta de vários corpos novos e significantes de minério e no desenvolvimento de novas minas e a construção de novas usinas e plantas de conversão (NEA, 1998).

A mina Rio Algom New Quirke iniciou sua operação em 1968, sendo a primeira mina a entrar em operação desde os anos 1950 (NEA, 1970). No final dos anos 70, com a indústria firmemente restabelecida, várias novas fábricas foram instaladas. A extração anual cresceu continuamente nos anos 80, com o foco da produção canadense de urânio mudando continuamente do leste para o oeste. No início dos anos 90, o fraco mercado e os preços baixos levaram ao fechamento de três dos quatro centros de produção de Ontário e o último fechou em meados de 1996 (NEA, 1998).

Em Saskatchewan, as minas de Rabbit Lake, Cluff Lake e Key Lake, iniciaram suas atividades em 1975, 1980 e 1983, respectivamente, e estão em operação até hoje (NEA, 1982; NEA,

1990). A última mina/usina a entrar em operação no país foi McClean, em 1999, também em Saskatchewan que atualmente é a única província com minas de urânio em operação (NEA, 2000).

#### **4.2.2. Políticas de Gerenciamento de Rejeitos e Fechamento de Minas e Usinas de Urânio**

Em 1982, foi estimado que havia no Canadá 3,4 bilhões t de rejeitos de minas incluindo rochas de cobertura e rochas com urânio abaixo do teor de corte das usinas, distribuídos por centenas de locais, totalizando algo em torno de 23.000 ha localizados tanto em áreas remotas como em áreas com elevadas densidades demográficas. As minas de urânio abandonadas e sem monitoração estavam causando problemas ambientais há muitos anos. A quantidade de rejeitos de usinas era de 130 milhões t, ocupando uma área de 10.000 ha (HAMELL e HOWIESON, 1982). A quantidade total de rejeitos de minas e usinas de urânio no Canadá, estimada em 1998, era um pouco mais que 210 milhões t, de acordo com o inventário (Tabela 4.2) publicado em 1999 pelo *Low-Level Radioactive Waste Management Office* (LLRWMO) pertencente à agência de proteção ambiental do Canadá - *Natural Resources Canada* (NRCan), que tem a responsabilidade pela limpeza dos locais e o gerenciamento desses rejeitos a longo prazo (LLRWMO, 1999). A razão para esta abrupta redução de aproximadamente 96% da quantidade de rejeitos é talvez a mudança de critérios de classificação.

O gerenciamento desses rejeitos no Canadá tem alguns complicadores. As minas estão localizadas em regiões chuvosas e com a superfície sofrendo efeitos da glaciação há mais de 15.000 anos. Em locais remotos há pouca possibilidade de acesso do ser humano ao rejeito, existindo, porém, as possibilidades de ingestão/transferência de contaminantes para animais/plantas. A possibilidade de acesso casual da população nativa, que usa as terras para caça e pesca, levaram ao desenvolvimento da recuperação desses locais.

As minas antigas tinham teor relativamente baixo de urânio (0,1 a 0,3 % em U) e por isso seus rejeitos são considerados pouco radioativos. As minas que atualmente estão em operação têm teor de urânio até 100 vezes maior que as antigas o que aumenta muito a concentração de radionuclídeos, metais pesados e arsênico nos rejeitos. Outra característica é o elevado teor de pirita nos minérios de Ontário, tratados por lixiviação com ácido sulfúrico, que propiciou a ocorrência de drenagem ácida (FEASBY, 1997).

**Tabela 4.2. Inventário de Rejeitos de Minas e Usinas de Urânio no Canadá até Dezembro de 1998**

<b>Mina/Usina</b>	<b>Local</b>	<b>Período de Operação da Usina</b>	<b>Minério Total Processado (1000 t)</b>	<b>Tipo de Deposição</b>	<b>Rejeito Acumulado Usina/Mina (1000 t)</b>	<b>Situação Em 1998</b>	<b>Teor de U no Minério (%)</b>
Agnew Lake	Ontário	1977-1983		BR	510	DE (1990)	0,05
Amok							
Beaverlodge	Saskatchewan	1953-1982	10.000	LG <sup>a</sup> PS PM	10.100	DE (1985)	
Bicroft	Ontário	1956-1964		PS	2.000	IN (1964), DA	
Canadian Dyno	Ontário	1958-1960		PS	360	IN (1960) DA	
Cluff Lake	Saskatchewan	1980-1984	54.000		2.723	OP (1983)	
Denison Elliot Lake	Ontário	1957-1983		ATM	63.800	IN (1992) DA	
Faraday	Ontário	1957-1963		PS	4.000	DE, MO	

Fonte = LLRWMO, 1999. a = FEASBY, 1997 Adaptado pelo Autor.

ATM – Área de Tratamento da Mina

PS = Pilha Superficial PM = Poço da Mina Subterrânea LG = Lago CM = Cava da Mina BR – Bacia de Rejeitos RI = Rio

DE = Descomissionamento encerrado DA = Descomissionamento em andamento IN = Inativa MO = Monitoração em andamento

**Tabela 4.2. Inventário de Rejeitos de Minas e Usinas de Urânio no Canadá até Dezembro de 1998 (continuação)**

<b>Mina/Usina</b>	<b>Local</b>	<b>Período de Operação da Usina</b>	<b>Minério Total Processado (1000 t)</b>	<b>Tipo de Deposição</b>	<b>Rejeito Acumulado Usina/Mina (1000 t)</b>	<b>Situação Em 1998</b>	<b>Teor de U no Minério (%)</b>
Gunnar	Saskatchewan	1955-1964		LG <sup>a</sup> PS PM	5.500 <sup>b</sup>	IN (1964)	
Key Lake	Saskatchewan	1983-		PS	3.586	IN (1966) MO	
Lacnor	Ontário	1957-1968		ATM	2.700	IN (1960) DA	
Lorado	Saskatchewan	1957-1960		LG <sup>a</sup> PS	360	IN (1960)	
Madawaska	Ontário	1977-1982	Ver Faraday				
Nordic	Ontário	1957-1968		ATM	12.000	IN (1968) DA	
Panel	Ontário	1979-1983		ATM	16.000	IN (1992) DA	
Port Radium	T. do Noroeste	1933-1960		LG <sup>a</sup> PS	907	DE (1984) MO	

Fonte = LLRWMO, 1999; a = FEASBY, 1997; Adaptado pelo Autor.

ATM – Área de Tratamento da Mina

PS = Pilha Superficial PM = Poço da Mina Subterrânea LG = Lago CM = Cava da Mina BR – Bacia de Rejeitos RI = Rio

DE = Descomissionamento encerrado DA = Descomissionamento em andamento IN = Inativa MO = Monitoração em andamento

**Tabela 4.2. Inventário de Rejeitos de Minas e Usinas de Urânio no Canadá até Dezembro de 1998 (continuação)**

<b>Mina/Usina</b>	<b>Local</b>	<b>Período de Operação da Usina</b>	<b>Minério Total Processado (1000 t)</b>	<b>Tipo de Deposição</b>	<b>Rejeito Acumulado Usina/Mina (1000 t)</b>	<b>Situação Em 1998</b>	<b>Teor de U no Minério (%)</b>
Pronto	Ontário	1955-1960		ATM	2.100	IN (1960) DA	
Quirke 1 e 2	Ontário	1957-1983		ATM	46.000	IN (1992) DA	0,10
Rabbit Lake	Saskatchewan	1976-1985		BR <sup>a</sup> CM	6.500	IN (1985) DA	0,37
Rayrock	T.do Noroeste	1957-1959		PS	71	IN (1959) DA	
Rio Algom Elliot Lake		1956-					
Spanish American	Ontário	1958-1959		ATM	450	IN (1959) DA	
Stanleigh	Ontário	1983-1996		ATM, LG e RI		DE (1996)	
Stanrock	Ontário	1957-1964		ATM	5.750	IN (1964) DA	

Fonte = LLRWMO, 1999; a = FEASBY, 1997. Adaptado pelo Autor.

ATM – Área de Tratamento da Mina

PS = Pilha Superficial PM = Poço da Mina Subterrânea LG = Lago CM = Cava da Mina BR – Bacia de Rejeitos RI = Rio

DE = Descomissionamento encerrado DA = Descomissionamento em andamento IN = Inativa MO = Monitoração em andamento

Segundo FROST (1990), um dos fatores que conduziram para a situação de descaso com o meio ambiente por parte da indústria de urânio no Canadá foi o rápido crescimento desta indústria. Esse crescimento deve-se ao fato do urânio ter se tornado material estratégico para a segurança nacional após a II Guerra Mundial. Num período de 15 anos, entre 1945 a 1960, foram instaladas mais de 20 minas com usinas sem que houvesse preocupação e legislação voltada para a proteção ambiental e proteção contra os impactos radiológicos. Neste período o rejeito sólido das usinas era descartado na forma de lama para depressões naturais e o efluente líquido era lançado em bacias de rejeitos rudimentares, sem nenhum tratamento prévio ou mesmo análise para verificar sua composição. Derramamentos acidentais de rejeitos eram freqüentes e eles eram deixados no local da ocorrência. As agências reguladoras consideraram a indústria de urânio como qualquer outra mineração de metal. Isto só começou a mudar depois da metade dos anos 70, após o levantamento e a revisão dos problemas nas minas de urânio de Ontário, realizados por um *Joint Panel on Occupational and Environmental Research for Uranium Production* estabelecido sob os auspícios do *Canadian Centre for Mineral and Energy, Mines Technology* (Canmet). O resultado dessa análise foi uma proposta definindo as falhas e os campos de pesquisa na área de gerenciamento de rejeitos das minas de urânio. Para coordenar as pesquisas, foi criado o Programa Nacional de Rejeitos de Urânio, coordenado pelo Canmet, com previsão de verba de CN\$ 9,5 milhões. Os três principais componentes do programa eram: programa de modelamento; programa de metodologia de monitoração no campo; e, programa de tecnologias de deposição (HAW, 1982; ARNOLD, 1984).

Embora a melhoria nos sistemas de deposição de rejeitos estivesse evoluindo, as agências reguladoras consideravam os sistemas como temporários, que poderiam necessitar de modificações futuras para se tornarem um sistema seguro de deposição. Depois da metade dos anos 70, algumas políticas de gerenciamento passaram a ser usadas conforme veremos a seguir.

Para o descomissionamento das minas da região de Beaverlodge, foi elaborado um plano que tinha os seguintes princípios gerais para garantir a proteção do meio ambiente e da população (BARSÍ, 1988; WHITEHEAD, 1986);

- minimizar as taxas de doses da população;
- manter a quantidade de radionuclídeos e metais pesados liberados para o meio ambiente abaixo dos valores da fase de operação;
- atingir a maioria das metas de qualidade da água superficial;
- minimizar a quantidade de poeira dos locais fechados;



- maximizar o uso de material natural para o fechamento;
- manter a taxa de radiação gama sobre as pilhas de bota-fora e estradas menor que 250 uR/h;
- reduzir em mais de 90% o número de locais com radiação gama sobre os rejeitos dispostos;
- reduzir a taxa de exalação de radônio até os mínimos valores possíveis;
- gerenciar os rejeitos expostos de maneira abrangente, considerando a sua natureza específica;
- estabilizar as áreas remediadas através de uma cobertura de 60 cm e plantio de vegetais;
- minimizar as doses dos operadores e realizar monitoração ocupacional durante a recuperação; e,
- monitorar o meio ambiente durante o descomissionamento e remediação, no final da fase de transição.

Na região de Elliot Lake, os sistemas de deposição de rejeitos ficaram bastante tempo abandonados antes de ser iniciado o processo de remediação. O desenvolvimento de critérios e conceitos de remediação foram enfocados nas questões de geração de ácido devido à oxidação da pirita e à migração de radionuclídeos no ar e na água (CULVER et al, 1982). Os estudos envolveram a investigação dos seguinte fatores:

- propriedades geoquímicas das bacias em conjunção com análise computacional das drenagens;
- efeitos dos fenômenos sísmicos;
- aspectos químicos das águas subterrâneas ;
- metodologias para retardar a movimentação de radionuclídeos no solo e na rochas;
- minimização da emissão de radônio e poeiras radioativas para a atmosfera;
- sistemas de cobertura das superfícies.

Os critérios e objetivos do fechamento adotados para o descomissionamento de minas e usinas de urânio de Elliot Lake são apresentados a seguir (CULVER et al., 1982).

- exigência de controle institucional para restringir o uso do local e o acesso ao local fechado, deixando uma zona de segurança em volta da instalação;
- cada área com rejeitos a ser fechada é uma área específica e deve ser avaliada com as características e exigências de um local particular;
- o projeto de fechamento do sistema de rejeitos deve maximizar o uso de sistemas naturais passivos;
- a taxa anual de lançamento de qualquer substância para o meio ambiente depois do fechamento, permitindo-se um período de transição, não deve ser maior que aquela que existia durante a fase

de operação da instalação, a menos que possa ser demonstrado que ela não causará danos significativos;

- o princípio ALARA deve ser aplicado para a exposição total do indivíduo à radiação;
- nenhuma prática pode ser adotada a menos que sua introdução produza um benefício líquido positivo.

Análises de como as exigências legais modificaram a política e procedimentos adotados no gerenciamento de rejeitos de minas de urânio, foram feitas por WHITEHEAD (1986) e WHILLANS (1997), os quais dão uma visão dos erros da inexistência de legislação pertinente no passado e como deverá ser desenvolvida esta atividade no futuro.

#### **4.2.3. Metodologias Usadas na Remediação de Locais de Minas e Usinas de Urânio**

Na mina de Port Radium, propriedade da Eldorado Mining and Refining Limited, o rejeito da usina era, no início da operação, colocado no lago Great Bear. Em 1952 foi instalada no local uma usina de lixiviação ácida e passaram a recuperar o rejeito com dragas e alimentar a usina com ele. O rejeito desta segunda fase foi colocado sobre o solo, em depressões das proximidades, até 1960. Em 1986, o local foi limpo e o rejeito foi misturado com entulho de construção e coberto com rochas e solo. O local é monitorado periodicamente pelo AECB (FEASBY, 1997).

Durante sua vida útil, a usina de Beaverlodge foi alimentada com minério de 8 minas da região, com lavras a céu aberto e subterrâneas, que foram processados por lixiviação alcalina, usando carbonato de sódio. Foram produzidas 11 milhões t de rejeitos. Para a deposição era feito um corte granulométrico usando ciclone, descartando-se a fração grossa, de 5 milhões t, no poço da mina subterrânea e a fração fina, de 6 milhões t, nos lagos Fookes e Marie, em cujas margens a areia grossa lançada acabou formando uma praia. Os dois lagos estão a jusante do divisor de águas da região e o fluxo total, que além de drenar as propriedades de outras minas de urânio da região, deságua no Lago Nero, era tratado para remoção de  $^{226}\text{Ra}$ . Devido a esse procedimento, verificou-se um aumento do teor de radionuclídeos do Lago Beaverlodge, que na época era a fonte de água potável para a vila da mina. Mesmo após 14 anos do fechamento, a concentração de urânio no lago permanece elevada, em média 190  $\mu\text{g/l}$  (FROST, 1996). O material particulado e lamas contendo precipitado de sulfato de bário foram descartados para os lagos Meadow e Minewater (ASHBROOK, 1984; FEASBY, 1997).

Foram apresentadas um total de 43 opções de fechamento para as instalações da região, das quais, 22 foram analisadas econômica e tecnicamente. A estimativa de custos de remediação dos lagos de rejeito e as estimativas dos custos totais são apresentadas na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3. Estimativas de Custos das Opções de Engenharia Avaliadas por Cenário na Mina de Beaverlodge (CNS 1983).**

Local	Cobertura com 2 m de Lâmina D'água			Vegetação		Cobertura Física
	Drenagem	Combinação <sup>a</sup>	Represa	A <sup>b</sup>	B <sup>c</sup>	60 cm
Lago Fookes	923	1.196	1.381	250	250	368
Lago Marie	369	861	773	100	100	717
Lago Minewater	329	443	973	224	755	755
Lago Meadows	138	d	d	260	260	260
<b>Total</b>	<b>1.779</b>	<b>2.500</b>	<b>3.127</b>	<b>834</b>	<b>1.365</b>	<b>2.100</b>

Fonte: ASHBROOK, 1984. Adaptado pelo Autor. a = drenagem e represamento ; b = hidrosemeadura incluindo remoção de lama do lago Meadows; c = inclui remoção de lamas usando escavação convencional; d = o lago Meadows seria inundado com a inundação do lago Marie.

A mina foi descomissionada entre 1982 e 1985. O rejeito da usina foi recuperado e colocado sob água em lagos e as praias foram recobertas com rochas. O material acidentalmente derramado nos últimos 29 anos de operação foi retirado e colocado em poços das minas e poços de ventilação. O rejeito da mina (bota-fora) que tinha baixo teor de radionuclídeos teve sua superfície arrumada no local. As construções foram demolidas e o entulho deposto em aterros ou dentro dos poços de ventilação. Há 11 anos o local vem sendo monitorado. O principal foco é a qualidade da água. Os resultados indicam que a qualidade está melhorando ao longo do tempo, mas a concentração de rádio está aumentando. Talvez porque a concentração de sulfato esteja diminuindo (ASHBROOK, 1984; FROST, 1996; FEASBY, 1997; PHILLIPS et al, 2000).

A mina de Gunnar operou de 1955 a 1964 com lixiviação sulfúrica. Depois de 1960, 40% do rejeito foi deposto na cava da mina e o restante do material, que não apresentava geração de drenagem ácida foi deposto no Lago Mudford, sem neutralização. Quando este lago estava cheio de

rejeitos, transbordava para dois pequenos lagos. Este local foi bastante estudado pelo Programa Nacional de Rejeitos de Urânio em 1985 e atualmente é chamado de *Gunnar Main Tailing Site* e está classificado como um local abandonado (LAWSON, 1986; BARSÍ, 1988; FROST, 1996; FEASBY, 1997).

Em Lorado, uma usina de propriedade da Lorado Uranium Mines Ltd. operou de 1957 a 1960, processando minério fornecido pelos seis maiores produtores da região e por cerca de 25 minas pequenas do distrito de Beaverlodge. O processo utilizava lixiviação ácida, com parte do ácido produzido pela industrialização da pirita existente no minério. O rejeito da usina, que contém muita pirita, foi deposto no Lago Nero. Na época da deposição, o pH do rejeito era de 2,0. A pirita ainda continua a gerar drenagem ácida e embora o seu pH esteja entre 3 e 4 o teor de rádio na água do lago é aproximadamente igual ao limite para água potável no Canadá (1 Bq/l). O local está sendo recuperado. Existe também no local, 19 ha com rejeito seco e não confinado (BARSÍ, 1988; FROST, 1996; FEASBY, 1997).

A pequena mina de Rayrock produziu 100 mil t de rejeito de 1957 a 1959 e seu local ficou abandonado até 1995. Como a população nativa da região tem usado a área da mina para caça, o Governo Federal, através do *Indian and Northern Affairs* decidiu desenvolver e implementar um plano de remediação iniciado em 1995, com custo previsto de CN\$ 2,5 milhões. O custo, considerado elevado para a pequena quantidade de rejeitos existente no local, é devido aos custos de mobilização de trabalhadores e equipamentos até o local da instalação. Na elaboração do plano foram analisados os custos de cinco cenários apresentados no Quadro 4.1 (FEASBY, 1997).

**Quadro 4.1. Estimativas de Custos das Alternativas de Descomissionamento da Mina Rayrock**

Cenário	Custo Estimado em CN\$
Deixar a área como estava	
Cobrir os rejeitos e congelar	3,5 milhões
Cobrir com solo	5,3 milhões
Reprocessar todo o material	25 milhões
Dispor todo o material em lago natural	2,5 milhões

Fonte: FEASBY, 1997. Adaptado pelo Autor

Em Bancroft, a produção começou em 1957 com as minas Bicroft e Faraday que usavam lixiviação ácida. A extração em Faraday foi de 1957 a 1963. Depois esta usina teve seu nome mudado para Madawaska e operou de 1977 até 1982. O rejeito, que durante a operação foi deposto em depressões superficiais e desaguado por decantação, foi deixado no local, e coberto com solo. A radiação e qualidade da água estão sendo monitoradas. Como as minas ficam próximas a pequenas cidades turísticas, a intrusão de pessoas também é monitorada (FEASBY, 1997).

A usina de Quirke iniciou sua operação em 1957. Subseqüentemente entraram em operação as plantas de Nordic, Denison, Panel, Stanrock além de outras, num total de 10 minas nesta região. As plantas usavam lixiviação ácida e os rejeitos produzidos continham pirita e eram bastante ácidos. O rejeito foi deposto em bacias de rejeitos, com barragens construídas com o próprio material aproveitando depressões naturais onde as rochas eram relativamente impermeáveis. O fator que definiu o tipo de deposição para estes rejeitos foi o teor significativo de terras raras que poderiam ser recuperadas. Nesta região há uma intensa participação da população na tomada de decisão, o que tem provocado extensas revisões pública das propostas da empresa proprietária das instalações. O processo de julgamento das propostas dos *experts* em audiência pública apresentou as seguintes recomendações (FEASBY, 1997):

- considerar a cobertura com água como melhor opção para três dos locais a serem remediados;
- elevar o nível do lençol freático para Stanrock;
- demonstrar a curto prazo, a capacidade de retenção de radionuclídeos;
- monitorar a médio prazo a capacidade de retenção de radionuclídeos em função das providências tomadas;
- assegurar os recursos financeiros necessários ao acompanhamento e às possíveis modificações necessárias, a longo prazo; e
- desenvolver minuciosa pesquisa direcionada (principalmente biológica).

Em Rabbit Lake a usina que usava inicialmente lixiviação com ácido sulfúrico, operou de 1975 a 1985 e o rejeito era neutralizado e deposto em bacia de rejeito construída com recursos de engenharia. Foi a primeira bacia de rejeitos especialmente projetada e construída no Canadá. Depois de 1985 começou o processamento de minério de elevado teor, mudando-se o local de deposição de rejeitos para a cava da mina antiga, dentro de um envelope impermeável, adotando-se a coleta e tratamento da água percolada (FEASBY, 1997). Como nesse processo o rejeito fica mais compactado que o solo em sua volta, a água infiltrada tende a não percolar através do rejeito, o que

evita a contaminação das águas subterrâneas. O sistema ocupa uma área de 54 ha e contém 6 milhões t de rejeito. Uma das dificuldades encontradas para a remediação foi que houve uma separação dos materiais fino e grosso dentro da bacia e a água não drena através do material fino. Por isso, 12 anos após o fechamento, a bacia continua com 65% de água. Além disso, devido ao inverno rigoroso, parte dela está congelada. Uma das discussões é se a bacia precisa ou não ser protegida contra a erosão e contra a intrusão de animais que fazem tocas. Este trabalho envolveria a movimentação de 615.000 m<sup>3</sup> de rochas do bota-fora mais 310.000 m<sup>3</sup> de argila, o que custaria vários milhões de dólares (FROST, 1990; 1996).

Na primeira fase de operação da usina de Cluff Lake, entre 1980 e 1984, foi processado um minério de elevado teor usando-se lixiviação ácida. O rejeito trouxe uma série de dificuldades devido à sua elevada concentração de radionuclídeos e a falta de uma unidade para tratamento de rejeitos na usina. A usina produzia três tipos de rejeitos, o rejeito da separação magnética, que era depositado numa trincheira revestida, para posterior reprocessamento; o resíduo da lixiviação, que era depositado em tanques de concreto, que ficaram estocados à espera de uma tecnologia adequada para sua deposição final; o rejeito líquido da usina, que era neutralizado e descartado para a área de gerenciamento de rejeitos. A água da mina era coletada e usada tanto como água de processo, como descartada para uma piscina de rejeitos construída em uma depressão natural, com revestimento e barragem construídas com argila glacial misturada com solo e bentonita. A água que drena das bacias de rejeitos é tratada com cloreto de bário, filtrada e descartada. A lama produzida neste tratamento é depositada de volta dentro das bacias.

A mina de Agnew Lake, de propriedade da Kerr Adson Mines Ltd., operou com processo de lixiviação *in-situ* e lixiviação em pilhas, usando solução ácida. Os líquidos foram neutralizados, receberam cloreto de bário e foram depostos em uma bacia de rejeito construída sobre o divisor de águas de dois riachos. A barragem que drenava para um dos riachos, usado para recreação e pesca, foi impermeabilizada com lama de bentonita solidificada e revestida com lençol de plástico. A barragem que drenava para o outro riacho, o ribeirão Creekacho, foi construída com terra comum e com sistema de extravasamento. O material depositado na barragem é uma lama de sulfato de cálcio e hidróxido de ferro. Os principais problemas considerados no plano de fechamento foram as pilhas de lixiviação, devido à ocorrência de pirita, e a bacia de rejeito. O plano de fechamento previa a mistura do rejeito da lixiviação e do material das pilhas com a lama da bacia de rejeitos, recobrindo-a e eliminando os espaços dos interstícios,

reduzindo o acesso do oxigênio ao sulfeto e consequentemente reduzindo a formação de ácido sulfúrico. A consolidação da bacia de rejeitos usando rocha propiciaria sua solidificação reduzindo a erosão e a solubilização do material contido. A área seria revegetada para diminuir a poeira e proteger contra a erosão. Vários estudos foram desenvolvidos para definir diversas etapas do descomissionamento incluindo os seguintes (HEYMANN, 1982):

- elaboração de uma estrutura conceitual;
- solidificação experimental de uma porção da lama da bacia de rejeitos;
- testes de revegetação;
- testes de lixiviação da mistura de lama e rejeito da lixiviação em pilhas;
- análises de elemento finito para previsão da água superficial e subterrânea percolada pela área fechada;
- análises de estabilidade física da estrutura resultante;
- modelamento matemático para previsão de quantidade de espécies químicas que será liberada pela bacia depois de solidificada;
- estimativa de dose e avaliação do impacto radiológico potencial da área de rejeitos usando modelamento matemático.

Nos últimos 15 anos, a tecnologia usada para gerenciamento de rejeitos de minas e usinas de urânio no Canadá evoluiu muito. As novas tecnologias para rejeitos de minérios contendo de 0,3 até 15% em U têm como objetivo o isolamento completo de rejeito preferencialmente sob lâmina d'água, usando barreiras impermeáveis. Para a superfície dos rejeitos a ação das intempéries e a erosão são fatores cruciais. Se eles puderem ser eliminados a água passa a ser o único meio de mobilização de contaminantes e, então, o segundo objetivo é reduzir o fluxo das águas. O terceiro fator a ser evitado é a intrusão humana e de animais. Neste caso, é mais vantajoso deixar o rejeito fora da superfície do meio ambiente, o que é obtido pela deposição dentro da cava ou poço da mina, ou pela cobertura com uma lâmina d'água o que reduz também a oxidação da pirita, diminuindo a geração de drenagem ácida e dá relativa segurança contra as intempéries e a intrusão. Nas minas em operação os rejeitos estão sendo depositos nos seguintes sistemas (FROST, 1996; FEASBY, 1997).

- tanques de concreto e bacia de rejeitos - Mina de Cluff Lake;
- bacia de rejeito e deposição na cava da mina com poros em volta - Mina de Rabbit Lake;
- sistemas sub-aéreos e deposição na cava da mina com rejeitos espessados - Mina de Key Lake;

- deposição na cava da mina e cobertura com argila e deposição na cava da mina e cobertura com rejeitos espessados - Minas de McClean.

Em Cigar Lake, que ainda não está em operação, será usado o mesmo processo de McClean.

#### **4.2.4. Impactos Sociais**

No Canadá, a grande exploração mineral dos anos 50 acabou deixando uma dúzia de áreas de rejeitos de usinas abandonadas que ficaram intocadas por mais de 30 anos. Na Bacia do Rio Serpent a população de peixe foi severamente afetada e somente após ações contínuas de remediação envolvendo o tratamento de toda a drenagem ácida existente na região o problema foi resolvido (HAMEL e HOWIESON, 1982). Segundo estes autores o gerenciamento do impacto social decorrente desse tipo de acontecimento foi uma tarefa complicada devido ao entendimento que o público tinha sobre a radioatividade. O medo, em muitas participações em audiências públicas sobre as minas de urânio feitas por iniciativa provincial, era particularmente evidente. Esse medo público, largamente disseminado, das minas de urânio parece ser baseado na percepção dos efeitos imediatos e a longo prazo da radioatividade liberada. Esta percepção influenciava o clima no qual mineiros, políticos, pesquisadores e reguladores trabalhavam. Além disso, não havia na época suficiente informação sobre os reais efeitos da radioatividade a longo prazo sobre a saúde e o meio ambiente que pudessem ser respondidos com rigor científico.

Algumas observações feitas pelos autores e consideradas relevantes para o assunto dessa tese foram: é sabido que o mal uso que o ser humano faz dos rejeitos pode levar a problemas de saúde devido à liberação de radônio; havia dificuldade real para se quantificar essa liberação e determinar a extensão das ações necessárias para corrigir os possíveis danos sobre as gerações futuras; os órgãos reguladores estavam sendo forçados pelas circunstâncias fora de seu controle (como no caso de fechamento de minas) a tomar decisões quando somente estavam disponíveis respostas parciais sobre a eficiência das alternativas de deposição. Na ausência de técnicas provadas duas abordagens são possíveis: o uso da melhor das tecnologias disponíveis pode ser exigido na esperança de que elas eventualmente se mostrem aceitáveis; ou o controle existente pode ser mantido através de um método adequado, com previsão financeira para sua manutenção.



A sociedade canadense procurou resolver o problema através de inquéritos e audiências públicas. Segundo BRAGG et al (1982) era clara a importância da opinião pública sobre a instalação dos inquéritos onde os assuntos principais eram o gerenciamento dos rejeitos a longo prazo e a necessidade da informação exata e aprofundada ao público. Um resumo das principais conclusões desses inquéritos nas diferentes províncias é apresentado a seguir:

**Ontario** - Na província foi conduzido um inquérito sobre novos projetos de minas e usinas de urânio na região de Elliot Lake, que durou dois anos (1975–1976). A revisão dos processos concluiu que a expansão poderia ser conduzida sem que isso representasse quaisquer riscos inaceitáveis para a saúde e para o meio ambiente. O inquérito sugeriu que a AECB e os ministérios provinciais do trabalho e do meio ambiente desenvolvessem novas regulamentações para as minas de urânio, distintas daquelas de minas de outros metais. O Governo de Ontário solicitou uma revisão de todos os planos de expansão das minas de urânio das empresas Rio Algom e Denison Mines. Esta solicitação resultou num outro inquérito realizado pelo *Ontario Environmental Board* sobre “*A expansão das minas de urânio na área de Elliot Lake*” durante os anos de 1977 e 1978.

**British Columbia** - O inquérito conduzido pela Comissão Bates concluiu que não havia razões particulares para interromper o desenvolvimento das minas de urânio, mas o governo decidiu impor uma moratória de sete anos na exploração e desenvolvimento de minas e usinas de urânio na província.

**Newfoundland** - O desenvolvimento de minas de urânio foi adiado até que fossem obtidos novos conhecimentos sobre a deposição de rejeitos e o seu gerenciamento a longo prazo. Isto acabou se transformando numa moratória.

**Territórios do Noroeste** – Nenhuma mina ou usina encontrava-se em operação na época, mas havia perspectivas de instalação, por isso desenvolveram pesquisas de opinião pública sobre o assunto.

**Nova Scotia** - Foi imposta uma moratória até que todos os aspectos da exploração e desenvolvimento de depósitos de urânio fosse desenvolvido.

**Saskatchewan** - Tendo em vista o potencial futuro da indústria do urânio para a província, seu potencial de impactos ambientais e sociais e o crescimento da oposição pública a esse tipo de desenvolvimento, o governo estabeleceu a Junta de Consulta de Cluff Lake, em fevereiro de 1977, sob coordenação do juiz E. D. Bayda. Os termos de referência da consulta eram muito abrangentes, incluindo prováveis efeitos da mina de Cluff Lake sobre o ambiente, a saúde e a segurança, bem

como outras implicações de ordem social e econômica decorrentes da expansão da indústria do urânio na província. As recomendações e providências foram as seguintes:

- Que a administração e o controle de poluição da indústria mineral fosse transferida do órgão responsável pelo controle dos recursos minerais para o órgão responsável pelo controle ambiental. Atendida pela criação do *Mines Pollution Control Branch* junto à *Environment Saskatchewan*, separando assim o aspecto da promoção e incentivo da função do controle ambiental. Até que nova legislação fosse aprovada, o controle ambiental da operação foi feito de acordo com o *Water Resources Management Act* e o *Air Pollution Control Act* da província.
- Que o órgão de proteção ambiental de Saskatchewan passasse a exigir um processo de avaliação ambiental antes de aprovar qualquer operação de nova mina de urânio. Atendida e regulamentada com a aprovação do *Environmental Assessment Law*.
- Que a província desenvolvesse regulamentações e padrões para a liberação de efluentes e rejeitos de usinas de urânio para o meio ambiente. Atendida com a aprovação do *Department of the Environment Act* e pela *The Uranium Mining Environmental Control Regulations* que prevê exigências para projeto, construção, remediação, abandono e monitoração além de procedimentos e padrões de qualidade dos efluentes.
- Que as regras e exigências de procedimento para remediação dos locais de minas abandonadas fossem desenvolvidas bem detalhadamente. Atendida pela implementação de um processo de avaliação ambiental formal e de novas regulamentações.
- Que a autorização para requerimentos de novas áreas e implantação de novas minas de urânio fosse condicionada às exigências dessas regulamentações. Atendida através das seguintes diretrizes aplicadas aos novos projetos: A terra e minerais são propriedades da província e o desenvolvimento dos depósitos é feito sob uma concessão de uso. Para o uso as companhias deveriam assinar termos de compromisso de cumprimento de toda a regulamentação, seguir os padrões, projetar, construir e operar de modo que o meio ambiente esteja protegido e que o descomissionamento e o abandono da propriedade seja feito de acordo com os planos aprovados pela província. O objetivo da província é que, após a exaustão da mina e as atividades de fechamento, não haja ônus para as gerações futuras. Foi criado o *Environmental Protection Division* dentro do *Heritage Fund* e o dinheiro para o fundo de remediação tem sido obtido da exploração dos recursos do urânio. A Província reconheceu que as companhias se extinguem e que eventualmente ela terá que arcar com a recuperação das áreas. Depois que as companhias conduzirem os procedimentos de descomissionamento, existirá

uma fase de transição na qual haverá monitorações em conjunto com as agências reguladoras para avaliar a recuperação. A companhia não é desobrigada de suas responsabilidades até antes do final dessa fase. O controle institucional dos locais das minas passou a ser implementado sob o *Provincial Lands Act*, podendo o uso futuro das terras ser controlado por esta lei.

- Que o governo e as empresas de mineração desenvolvam pesquisas para o desenvolvimento de processos de tratamento e recuperação que permitam reduzir a liberação de material radioativo de áreas de minas de urânio. Atendida pela implementação, em 1981, do *Mines Waste Research Secretariat* junto à *Saskatchewan Environmental*, para financiar e incentivar investigações sobre gerenciamento de rejeitos de minas e a sua estabilização.
- A criação de um Fundo de Proteção Ambiental para financiar os trabalhos de monitoração e recuperação depois do fechamento das minas.

A grande vantagem de Saskatchewan é que as regras mais restritivas foram implantadas antes da expansão das minas que exploram minérios de elevado teor e por isso o dinheiro recebido permite pagar a necessária garantia ambiental para as gerações futuras (BRAGG et al, 1982).

#### **4.3. Estados Unidos da América**

##### **4.3.1. Exploração e Produção de Urânio**

Com a aprovação do *Atomic Energy Act*, 1946, verificaram-se vários programas de incentivo às empresas de prospecção e mineração, o que levou diretamente a um aumento das reservas de minério de urânio e das atividades de mineração no oeste dos EUA. Essa política incluía a garantia de preços e a permissão para que as empresas que construíssem e operassem minas e usinas de urânio pudessem amortizar os custos das plantas durante o período de contrato de fornecimento para o governo (NEA, 1998). Os primeiros trabalhos foram suportados pela USAEC que, em 1948, iniciou um programa doméstico de exploração mineral, estimulando a prospecção e a construção da indústria mineral de urânio. Nos anos 50 a exploração deixou de ser considerada prioritária, verificando-se uma queda no aporte de fundos para esse fim. As reservas de minério de urânio passaram de um milhão t, em 1946 para 80 milhões t, em 1959 (NEA, 1990).

Embora algum trabalho de prospecção tenha sido desenvolvido em muitas partes do país, o esforço de exploração, particularmente o da iniciativa privada, foi inicialmente concentrado em torno das províncias de urânio já conhecidas, como os arenitos do planalto do Colorado, as bacias do Wyoming e a planície costeira do golfo do Texas (NEA, 1986). Depósitos em veios foram explorados na cadeia litorânea do Colorado, em Utah e no norte de Washington. A partir de 1983, o foco de interesse passou a ser o norte do Arizona com seus depósitos pequenos mas de elevado teor (NEA, 1990), o sul da Virgínia e o nordeste de Nebraska (NEA, 2000).

A exploração aumentou rapidamente nos anos 70 em resposta ao aumento do preço do urânio no mercado mundial e às grandes projeções de demanda desse material para uso como combustível de reatores núcleo-elétricos, verificando-se um pico em 1978 (NEA, 1986).

Em 1974 o governo iniciou o programa *National Uranium Resource Evaluation* (NURE), desenvolvido em parte pelo *Department of Energy* com a participação de *United States Geological Survey* (USGS), organizações estaduais e universidades. Um relatório preliminar foi publicado em outubro de 1980. O trabalho terminou em 1981 e foi disponibilizado para o público em 1983. Depois desta data o acervo foi passado para o USGS que ficou responsável por sua atualização (NEA, op. cit.).

Em 1983, 77 companhias relataram terem feito gastos com exploração de urânio. Depois dessa data, sem qualquer suporte financeiro do governo americano, a exploração vem declinando. Em 1984, seis companhias americanas estavam envolvidas em projetos de exploração no exterior, principalmente na Austrália, Canadá e em países da África. Essas companhias não recebiam nenhuma assistência financeira do governo dos EUA (NEA, 1986). Em 1988, somente uma companhia relatou trabalhos de exploração em outros países (NEA, 1990) e em 1990 mais nenhuma (NEA, 1992). A exploração na década de 90 foi dirigida para depósitos que permitissem o uso de lixiviação *in situ* (NEA, 1992) mas não houve nenhuma nova descoberta que merecesse destaque (NEA, 2000).

A produção de urânio nos EUA iniciou com o processamento de antigas pilhas de rejeitos existentes em determinadas áreas da planície do Colorado onde havia sido extraído rádio. A produção visava atender a demanda militar a qual foi complementada por urânio extraído do depósito de Shinkolobwe no Congo Belga e do depósito de Great Bear Lake no Canadá, usados durante os primeiros anos da década de 40 para atender a demanda do programa militar do país. O processo de tratamento de minério e a recuperação de urânio da lixívia, baseada na precipitação

seletiva do urânio em vários estágios, refletia a pouca evolução nos métodos de processamento usados na época (MERRIT, 1971).

A primeira tabela de preços de urânio da USAEC, estabelecida em 9 de abril de 1948, criou o mercado para a indústria do urânio. Depois disso o número de empregos em minas de urânio aumentou rapidamente até 1961, quando iniciou um declínio em consequência dos cortes do governo. O número de minas de urânio e de empregados diretos entre 1954 e 1966, segundo levantamento do *U.S. Bureau of Mine* é apresentado na Tabela 4.4 (FRC, 1967). Em 1978, o total de minas a céu aberto era de 60 minas ativas e 1.252 minas inativas e o total de minas subterrâneas era de 256 minas ativas e 2.039 minas inativas (USEPA, 1983).

**Tabela 4.4. Estimativa do Número de Minas Produzindo Minério de Urânio e de Empregados nessas Minas, nos EUA, entre 1954 e 1966**

Ano	Número de Minas		Número de Empregados nas Minas	
	Subterrâneas	A Céu Aberto	Subterrâneas	A Céu Aberto
1954	450	50	916	53
1955	600	75	1.376	293
1956	700	100	1.770	584
1957	850	125	2.430	574
1958	850	200	2.796	1.175
1959	801	165	3.996	1.259
1960	703	166	4.908	1.499
1961	497	122	4.182	1.047
1962	545	139	4.174	1.074
1963	573	162	3.510	886
1964	471	106	3.249	726
1965	562	74	2.900	700
1966	533	88	2.545	359

Fonte: U.S. Bureau of Mines. In: FRC, 1967. Adaptado pelo Autor.

No final de 1957, o aumento das reservas de minério e da capacidade de tratamento era suficiente para atender as necessidades do governo para fins militares e em 1958 o programa de aquisição de urânio desenvolvido pela USAEC começou a ser reduzido gradativamente. Aos produtores domésticos de minério e de concentrado de urânio foi permitido fazer contratos de fornecimento para compradores domésticos e estrangeiros com o objetivo de fomentar o desenvolvimento e a utilização da energia nuclear para fins pacíficos porém, o primeiro contrato de venda para o mercado privado só ocorreu em 1966 (NEA, 1998).

Até 1961, haviam sido construídas 27 usinas privadas de tratamento de minério de urânio e nesse ano 23 delas estavam em operação. Entre os anos 1960 e 1962, verificou-se um pico na produção, atingindo mais de 13.000 tU/ano, quando foram beneficiadas 7,25 milhões t de minério/ano. Em 1962, a USAEC anunciou uma prorrogação do programa de aquisição de quantidades estabelecidas de urânio desenvolvido pelo governo para o período entre 1967 até 1970, visando sustentar a viabilidade da indústria doméstica de urânio. Este programa foi encerrado em 31/12/1970. Desde essa época, a indústria de urânio dos EUA tornou-se um setor da economia privada, um empreendimento comercial, sem que se verificasse mais nenhuma compra pelo governo. Essas companhias vêm atendendo o mercado doméstico de urânio (NEA, op. cit).

Nos anos 70, as indústrias quebraram vários recordes de produção, havendo novo pico em 1980, quando foram produzidas quase 17.000 tU. Em janeiro de 1981, havia 22 usinas convencionais em operação, 11 instalações recuperando urânio de águas de minas, 8 plantas para recuperação de urânio de ácido fosfórico e 2 plantas para recuperação de urânio de licor de lixívia de cobre (NEA, 1986). Quando a indústria começou a se dar conta que não estava mais havendo encomendas de usinas núcleo-elétricas e que a demanda de urânio estava reduzida, a produção diminuiu drasticamente de novo. Como o mercado continuou fraco até a metade da década de 1980, verificou-se o abandono de muitos projetos de minas e usinas de urânio. No final de 1984, somente 8 usinas convencionais estavam operando e 14 usinas tinham parado de produzir.<sup>19</sup>

Em 1988, estavam em operação apenas 3 usinas convencionais, uma em cada um dos estados de Utah, Texas e Novo México mas, a produção era mantida pela operação de 6 usinas de lixiviação *in situ* e 5 usinas que recuperavam urânio de lixívias de cobre e de ácido fosfórico. Muitas das plantas de recuperação de urânio não convencionais também estavam inativas. As grandes

---

<sup>19</sup> Usinas convencionais são aquelas que utilizam processo de lixiviação agitada. Usinas não convencionais são aquelas que utilizam lixiviação *in situ* ou extração de urânio como subproduto da indústria do cobre e do ácido fosfórico.

participações das companhias de petróleo começaram a ser abandonadas e vários dos produtores pioneiros anunciaram a intenção de deixar os negócios. As empresas que abandonaram a produção de urânio até 1988 foram a United Nuclear, Kerr McGee Nuclear Corporation, Atlas, Anaconda e Exxon (NEA, 1990). A Rio Algon Corporation fechou a usina de La Sal em Utah mas, comprou as propriedades da Kerr McGee no Novo México e Wyoming. Em contraste, a Chevron -TOTAL deu partida numa mina a céu aberto no Texas, processando seu minério na usina de Chevron Hobson e várias usinas de lixiviação *in situ* foram construídas nos Estados do Texas, Wyoming e Nebraska (NEA,1990).

Em 1990, foi iniciada a produção em mais duas usinas uma no Texas e a outra em Utah. Neste ano, 15 usinas não convencionais das quais 2 de lixiviação *in situ* e 3 de ácido fosfórico estavam funcionando. No final de 1994, 6 usinas estavam em *stand by* e nenhum minério de urânio foi embarcado das minas para serem processados nas usinas. Nenhuma usina convencional operou entre 1994 e 1996. Em 1997, uma usina no Novo México começou a aproveitar urânio da água da mina e, em 1998, mais 3 usinas fizeram isso. Em 1997, uma usina convencional operou durante todo ano interrompendo a operação novamente em 1988 (NEA, 2000).

Atualmente, as atividades de exploração, produção e comércio continuam no setor privado com empresas domésticas e estrangeiras e sem nenhuma restrição governamental para estas atividades (NEA, 1998; NEA, 2000).

As Tabelas 4.5 e 4.6 apresentam respectivamente a lista das usinas convencionais e não convencionais dos EUA e a sua situação em 1994 (USDOE, 1995).

**Tabela 4.5. Situação das Usinas Convencionais de Produção de Urânio nos EUA em 1º de janeiro de 1994**

Instalação	Local	Período de Operação	Rejeito Acumulado (1000 t)	Situação em 1994	Custo Total do Fechamento (US\$ 10 <sup>6</sup> )	Área Ocupada pelo Rejeito (ha)
Ambrosia Lake	New Mexico	1958 -1988	33.180	SB	18,839	133
Bear Creek	Wyoming	1977-1986	4.740	DA	12,419	61
Bluewater	New Mexico			DA		
Canon City	Colorado	1958-1985	2.315	SB	12,835	67
Church Rock	New Mexico	1958-1982	3.527	DA	8,352	41
Edgemont	South Dakota			DA		
Falls City	Texas			DA		
Ford	Washington	1957-1982	3.086	SB	14,750	54
Gas Hills - ANC	Wyoming	1959-1981	5.842	DA	7,400	47
Gas Hills - UMETCO	Wyoming	1960-1984	8.047	DA	16,572	59
Grants	New Mexico	1958-1990	22.377	DA	22,628	87
Highland	Wyoming	1972-1984	11.354	DA	9,600	117
L-Bar	New Mexico	1976-1981	2.094	DA	15,386	47

Fonte: USDOE, 1995. Adaptado pelo Autor

DA = Descomissionamento em andamento DE = Descomissionamento encerrado SB = Descomissionamento em *stand by*



**Tabela 4.5. Situação das Usinas Convencionais de Produção de Urânio nos EUA em 1º de janeiro de 1994 (continuação)**

Instalação	Local	Período de Operação	Rejeito Acumulado (1000 t)	Situação em 1994	Custo Total do Fechamento (US\$ 10 <sup>6</sup> )	Área Ocupada Rejeito (ha)
Lisbon	Utah	1972-1988	3.858	DA	9,100	14
Lucky Mc	Wyoming	1958-1988	11.685	DA	9,191	100
Moab	Utah			DA		
Panna Maria	Texas	1979-1985	6.504	DA	9,931	101
Petromics	Wyoming	1962-1985		DA		
Ray Point	Texas	1971-1973	441	DA	4,100	18
Sherwood	Washington			DA		
Shirley Basin	Wyoming	1970-1988	8.157	DA	6,411	106
Shooterling	Utah	1979-		SB		
Split Rock	Wyoming	1958-1981	7.716	DA	25,914	68
Sweetwater	Wyoming	1980-1983	2.315	SB	4,913	121
Uravan	Colorado	1948-1984	10.472	DA	38,279	34
White Mesa	Utah	1980-1990	3.527	SB	19,655	135

Fonte: USDOE, 1995. Adaptado pelo Autor

DA = Descomissionamento em andamento DE = Descomissionamento encerrado SB = Descomissionamento em *stand by*

**Tabela 4.6. Situação das Usinas Não Convencionais de Produção de Urânio nos EUA em 1º de janeiro de 1994**

<b>Instalação</b>	<b>Local</b>	<b>Período de Operação</b>	<b>Situação em 1994</b>	<b>Custo de Descomissionamento (US \$ 10<sup>6</sup>)</b>	<b>Área do Campo de Poços (ha)</b>
Benavides	Texas		DA	3,628	35
Bruni	Texas	1973-1982	DA	8,608	16
Burns Ranch/ Clay West	Texas		DA	35,013	81
Christensen.Ranch/ Irigaray	Wyoming	1979-	OP	8,358	75
Crow Butte	Nebraska	1991-	OP	4,165	23
Highland	Texas		OP	5,618	85
Hobson	Texas		SB		
Holiday/El Mesquite	Texas	1980-	OP	13,851	68
Kingsville Dome	Texas	1988	OP	1,496	11
Lamprecht/Zamzow	Texas		DA		
Las Palmas	Texas		DA	0,961	21

Fonte: USDOE, 1995. Adaptado pelo Autor

DA = Descomissionamento em andamento SB = Usina em *stand by* OP = Usina em operação

**Tabela 4.6. Situação das Usinas Não Convencionais de Produção de Urânio nos EUA em 1º de janeiro de 1994 (continuação)**

<b>Instalação</b>	<b>Local</b>	<b>Período de Operação</b>	<b>Situação em 1994</b>	<b>Custo de Descomissionamento (US \$ 10<sup>6</sup>)</b>	<b>Área do Campo de Poços (ha)</b>
Mt. Lucas	Texas		DA	8,903	14
North Butte/Ruth	Wyoming	1981-1982	DA	3,669	33
Rosita	Texas		OP	0,753	14
Smith Ranch	Wyoming		SB		
Tex-1	Texas		DA	0,576	11
West Cole	Texas	1981-	DA	2,849	19
Converse Co. Mining V		1988	OP		
New Wales		1980	SB		
Plant City		1981	SB		
Sunshine Bridge		1981-	OP		
Uncle Sam		1978-	OP		

Fonte: USDOE, 1995. Adaptado pelo Autor

DA = Descomissionamento em andamento. SB = Usina em *stand by* OP = Usina em operação

#### 4.3.2. Políticas de Gerenciamento de Rejeitos e Fechamento de Minas e Usinas de Urânio

Até 1970, não havia nos EUA preocupação alguma quanto às condições de segurança e local de deposição de rejeitos de minas e usinas de urânio. A legislação para o *Remedial Action Program* nasceu do interesse pelo impacto potencial na saúde da população de Grand Junction, Estado do Colorado, onde operava uma grande usina de produção de urânio de propriedade da Climax.

Em 1972, foi iniciado o *Remedial Action Program*, para a região, o primeiro programa de remediação dos EUA, cujo término estava estimado para 1987 e o custo previsto foi de US\$ 23 milhões (valores de 1981). Este programa ainda não terminou e os gastos até 1995 eram de US\$ 504 milhões (valores de 1995) (COFFMAN, 1982; USDOE, 1995).

Em 1978, o Congresso aprovou uma lei que autorizou a execução do programa *Uranium Mill Tailing Remedial Action* (UMTRA) para a remediação de 24 locais de deposição de rejeitos de usinas de tratamento de minério de urânio que estavam desativadas desde 1970, distribuídos por 10 Estados, apresentados na Tabela 4.7. O papel das agências no programa ficou assim distribuído: O USDOE ficou responsável pela execução; a USEPA, responsável pela emissão das normas ambientais e diretrizes; e, a USNRC, responsável pelo licenciamento e controle dos rejeitos das usinas ativas e das futuras instalações (SHAPAR, 1980; COFFMAN, 1982; WATSON et al., 1993). Os custos foram estimados em US\$ 540 milhões em 1981 (GROESELMA, 1982). O gasto total até 1988 era de US\$ 1.449 milhões (WATSON et al, 1993). Os custos foram divididos entre Governo Federal (90%) e o Governo Estadual (10%). Para as usinas localizadas em terras indígenas os custos seriam totalmente do Governo Federal.

Em 1988 o prazo foi prorrogado para 1990 e depois para 1994. As sucessivas prorrogações e o aumento dos custos são atribuídas às mudanças nos limites estabelecidos pela USEPA, a exigência de descontaminação de propriedades vizinhas e a exigência de remediação de águas subterrâneas (WATSON et al, 1993). Para a remediação das águas subterrâneas não há prazo estipulado para terminar (USEPA 1995).

Um balanço dos gastos do programa UMTRA até 1992 e a previsão de desembolso até 1998, são apresentados na Tabela 4.8

**Tabela 4.7. Informações sobre Descomissionamento das Minas UMTRA - Título I**

<b>Instalação</b>	<b>Local</b>	<b>Período de Operação</b>	<b>Minério Total Processado (1000 t)</b>	<b>Urânio Produzido (tU)</b>	<b>Rejeito Acumulado (1000 t) <sup>a</sup></b>	<b>Situação em 2001</b>	<b>Custo (US\$ 10<sup>6</sup>)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Período da Ação</b>
Ambrosia Lake	New Mexico	1958-1963	2.770	5.010	2.600	DE	36,96	116	1981-1995
Belfield	North Dakota	1965-1967	45	20	-	FE	10,24	5	1982-
Bowman	North Dakota	1963-1967	75	25	-	FE	10,24	5	1982-
Canonsburg	Pennsylvania	b	-	-	414	DE	47,59	14	1981-1985
Durango	Colorado	c	1.460	3.020	1.555	DE	67,62	51	1981-1991
Falls City	Texas	d	2.470	3.330	2.500	DE	56,25	95	1982-
Grand Junction	Colorado	1951-1970	2.070	4.490	1.900	DE	504,05	46	1982-
Green River	Utah	1958-1961	160	320	123	DE	23,63	10	1982-1989
Gunnison	Colorado	1958-1962	490	560	540	DE	58,92	25	1982-
Lakeview	Oregon	1951-1970	120	130	130	DE	33,33	104	1982-1989
Lowman	Idaho	1956-1960	180	140	90	DE	18,43	15	1982-1992
Maybell	Colorado	1957-1964	1.600	1.550	2.600	DE	63,53	100	1982-

Fonte: USDOE, 2002. Adaptado pelo Autor. a = GROESELMA, 1982 b = 1911-1922; 1930-1957 c = 1880-1930; 1942-1946; 1949-1963 d = 1961-1973; 1978-1982

DE = Descomissionamento encerrado FE = Usina fechada

**Tabela 4.7. Informações sobre Descomissionamento das Minas UMTRA - Título I (continuação)**

<b>Instalação</b>	<b>Local</b>	<b>Período de Operação</b>	<b>Minério Total Processado (1000 t)</b>	<b>Urânio Produzido (tU)</b>	<b>Rejeito Acumulado (1000 t) <sup>a</sup></b>	<b>Situação em 2001</b>	<b>Custo (US\$10<sup>6</sup>)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Período da Ação</b>
Mexican Hat	Utah	1957-1965	2.000	4.380	2.200	DE	54,45	95	1981-
Monument Val.	Arizona	1955-1967	1.000	300	1.100	DE	24,13	41	1981-
Naturita	Colorado	f	640	1.220	-	DE	86,33	21	1981
Rifle Velha	Colorado	g	2.450	6.360	350	DE	119,17	67	1982-
Rifle Nova	Colorado				2.700				
Riverton	Wyoming	1958-1966	960	1.500	900	DE	49,66	57	1982-1990
Salt Lake City	Utah	1951-1968	1.530	3.680	1.880	DE	94,17	52	1981-1989
Shiprock	New Mexico	1954-1968	1.390	2.850	1.650	DE	24,77	93	1981-1986
Slick Rock	Colorado	h	570	1.030	37	DE	50,43	45	1982
Slick Rock	Colorado				350				
Spook	Wyoming	1962-1965	170	135		DE	10,11	22	1981-1989
Tuba City	Arizona	1956-1966	730	1.810	800	DE	34,14	59	1981-1990

Fonte: USDOE, 2002. Adaptado pelo Autor. a = GROESSELMA, 1982 f= 1939-1946; 1947-1958; 1961-1963 g = 1924-1932; 1942-1972 h = 1931-1943; 1957-1961

DE = Descomissionamento encerrado. FE = Usina fechado

**Tabela 4.8. Balanço de Desembolso para o Programa UMTRA (1000 US\$) <sup>a</sup>**

	Obrigações Atuais		Obrigações Estimadas em 1992		Total <sup>b</sup>
	Até 1991	1992	1993	1994 - 1998	
UMTRA – SUPERFÍCIE					
Planejamento e Desenvolvimento de Projeto	79.011	3.111	1.698	3.378	87.198
Projeto de Engenharia	94.241	4.549	3.305	3.141	105.236
Meio Ambiente, Saúde e Segurança	19.636	553	556	769	21.514
Desenvolvimento de Tecnologia	12.641	-	-	-	12.641
Aquisição de Terrenos	11.318	734	66	125	12.243
Remediação	463.522	121.544	134.709	211.510	931.284
Fiscalização e Monitoração	2.950	1.086	862	4.674	9.572
Suporte Técnico e Gerencial	163.050	19.778	14.225	72.129	269.182
Fundo Total	846.369	151.355	155.421	295.726	1.448.871
Fundo Federal	792.682	139.900	143.100	275.200	1.350.882
Fundo Estadual	53.687	11.455	12.321	20.526	97.989
UMTRA – ÁGUAS SUBTERRÂNEAS <sup>c</sup>					
	990	2.000	4.600	112.900	120.490

Fonte: WATSON et al, 1993. Adaptado pelo Autor.

a = Inclui fundos federal e estadual baseados no balanço do ano fiscal de 1993

b = O total representa o custo total para o UMTRA - Superfície para toda a vida do projeto.

c = O total representa o custo total para o UMTRA - Águas Subterrâneas apenas do ano fiscal de 1998.

As usinas inativas que forneceram urânio para o Governo Federal foram incluídas no Título I do UMTRCA. O Título II foi estabelecido para prever a estrutura regulatória para remediação das usinas de urânio em operação, de propriedade da iniciativa privada. As quantidades de rejeitos estimados na época eram de 25 milhões t para as usinas incluídas no Título I e 170 milhões t para as incluídas no Título II.

O UMTRCA é o instrumento legal de controle dos rejeitos de usinas de urânio até hoje, e prevê que as licenças emitidas pela USNRC devem conter condições a serem seguidas para o descomissionamento e remediação das instalações licenciadas de acordo com os procedimentos estabelecidos pela NEPA. O licenciado deve submeter um plano de remediação do local para a aprovação da USNRC. Uma vez aprovado o plano e os custos estimados para a remediação, o licenciado deve iniciar o depósito de uma caução para garantir a formação de um fundo que estará disponível para a remediação do local caso ele for incapaz de completá-la. Depois do descomissionamento ser completado de acordo com a licença, o título do local e o rejeito passa para o USDOE, ou para o órgão apropriado do Estado responsável pelo monitoramento e gerenciamento do local, a longo prazo (CHUNG, 1995; SHAPAR, 1980). Em 1992, o Título X *do Energy Policy Act* (PL 102-486) estabeleceu uma nova responsabilidade para o USDOE que agora deve reembolsar os custos de licenças qualificadas acima de US\$ 6,063/t de rejeitos, na base seca. O reembolso total, para todas as licenças de urânio combinadas é limitado a US\$ 270 milhões e o reembolso máximo para uma única licença de tório é limitado a US\$ 40 milhões (USDOE, 1995).

As normas da USEPA para as minas classificadas sob o Título I do UMTRCA, Subpart A do 40 CFR Part 192 emitida em 1981, prevêem uma estabilização e isolamento, a longo prazo, a fim de inibir o mal uso e a dispersão de material radioativo residual, controlar a liberação de radônio para a atmosfera e proteger a água. As normas exigem que a remediação: a) seja projetada para ser efetiva por um tempo desejável de mais de 1.000 anos ou, pelo menos, por 200 anos; b) assegure que a liberação de  $^{222}\text{Rn}$  do rejeito para a atmosfera não exceda um valor médio de  $74 \text{ Bq/m}^2/\text{s}$ ; c) assegure que a liberação de  $^{222}\text{Rn}$  do rejeito não aumente a concentração dessa espécie no ar em mais que  $1,85 \cdot 10^{-2} \text{ Bq/l}$ . As normas para a limpeza do solo e construções contaminadas com material radioativo residual, Subpart B do 40 CFR Part 192 exigem que a remediação seja conduzida de modo a assegurar que: a) no local remediado a concentração média de atividade de  $^{226}\text{Ra}$ , numa área de  $100 \text{ m}^2$ , não exceda o *background* em mais que  $1,85 \cdot 10^{-1} \text{ Bq/g}$ , medido nos primeiros 15 cm abaixo da superfície e, em mais de  $5,55 \cdot 10^{-1} \text{ Bq/g}$ , nos próximos 15 cm de solo, ou seja, de 15 a 30 cm de profundidade; b) em qualquer construção civil ocupada, ou que possa ser habitada, todo o esforço possível deve ser feito na remediação para se atingir uma média anual de concentração de atividade dos filhos de radônio, incluindo o *background*, que não exceda  $2,0 \cdot 10^{-2} \text{ WL}$ , cuidando para que a concentração de atividade dos produtos de decaimento do radônio, incluindo o *background*



não exceda  $3,0 \cdot 10^{-2}$  WL e, que o nível de radiação gama não deva exceder o nível do *background* em mais que 20  $\mu$  R/h (USEPA, 1995).

As ações de estabilização a serem executadas incluem a estabilização dos rejeitos, tanto no local em que estavam ou em outro local, sem a necessidade de transferência e limpeza das propriedades vizinhas, contaminadas pela dispersão dos rejeitos que estavam nas pilhas. As ações em cada um dos locais foram divididas em 4 etapas: a) avaliação do local e análise das propostas de remediação; b) avaliação de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental de acordo com as exigências da NEPA; c) concepções, projeto e engenharia para a proposta aceita; e, d) execução da remediação propriamente dita.

Os locais foram divididos pelo USDOE e pela USEPA em prioridades: alta, média e baixa em função da proximidade de cidades, tamanho das pilhas de rejeitos e grau de estabilidade. A concepção global era que as pilhas de rejeitos deveriam ser colocadas numa configuração estável, cobertas com camadas de solo e rocha para controlar a exalação de radônio e proteger contra a erosão e, se necessário, revestir o fundo das pilhas para prevenir a infiltração e contaminação das águas subterrâneas. A estabilização dos locais deveria ser projetada para durar 1.000 anos. Um intenso programa de estudos foi desenvolvido para obtenção de informações sobre a economia e durabilidade a serem usadas nos projetos de cobertura, tecnologia de revestimentos, testes de coberturas e revestimentos em grande escala (GROESELMA, 1982; WATSON et al, 1993).

Para as usinas do Título 2, a abordagem da USNRC tinha 3 cenários básicos: a) continuar usando o local de deposição em operação; b) fechar o local de deposição em operação e abrir um novo dentro da cava ou poço da mina; e, c) transferência do rejeito do local de deposição em operação para dentro da cava ou poço da mina. Em todas as propostas o operador deveria fazer um plano de remediação de acordo com as exigências de NEPA, para obter a licença da USNRC. A USNRC também emitiu, em 1980, normas com limites e procedimentos ambientais a serem seguidos na operação das usinas e remediação de pilhas de rejeitos mas, as empresas recorreram por considerarem que esta era uma competência da USEPA e embora a USNRC tenha ganho na justiça ela não conseguiu colocar em vigor nenhuma dessas normas (HAMILL, 1982).

De acordo com relatório entregue pela USEPA ao congresso americano em 1983, a maioria dos rejeitos de minas estava na forma de rochas de capeamento e minério de baixo teor. Estes rejeitos estavam depostos em pilhas de bota-fora. Neste relatório foi estimado que, durante os anos 1970, as maiores minas a céu aberto do país produziram, em média, 40 milhões t de bota-fora/ano,

enquanto as minas subterrâneas produziram, em média, 2.000 t de bota-fora/ano. De acordo com o levantamento da USEPA a relação de extração para as minas a céu-aberto nos EUA variam de 10:1 a 80:1 t de bota-fora/t de minério, com média de 30:1. Para as minas subterrâneas esta relação varia de 1:1,5 a 1:16 (USEPA, 1983).

As características dos bota-foras não foram especificadas, embora os poucos dados existentes indicavam que eles continham elevado teor de arsênico, selênio e vanádio. O gerenciamento dos rejeitos das minas era bastante rudimentar. O material de cobertura e o minério de baixo teor eram estocados ou depostos em locais sem revestimento, próximos da mina. Muito minério de teor médio foi estocado para processamento posterior mas, em muitos casos, isto não foi realizado e as pilhas foram abandonadas. Muitos desses minérios contêm pirita e a área onde estavam depositados apresentava drenagem ácida. As informações sobre a quantidade e composição das águas das minas não são disponíveis mas, como a maioria das minas antigas se localizavam em regiões áridas, estas águas deviam ter sido utilizadas como água de processo (USEPA, 1995).

Antes a USAEC e agora a NRC, não interpretam que tenham competência para controlar as minas de urânio. Do mesmo modo, o *Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement* se exclui do controle de minas de urânio, dirigindo seus programas apenas para minas de carvão. A estrutura de coerção regulatória para a mineração é feita individualmente pelos Estados através de leis sobre minas abandonadas e fundos de remediação. Os Estados de Wyoming e Colorado são os que desenvolvem os maiores programas de remediação. As minas localizadas em terras pertencentes ao Governo Federal podem estar sujeitas ao controle do *Bureau of Land Management* (USDOE, 1995). A USEPA exerce seu controle de acordo com o *Clean Water Act*, o *Clean Air Act*, e o *Safe Drinking Water Act*. Geralmente as recuperações são feitas através de programas desenvolvidos com base no CERCLA, conhecido por *Superfund* (USEPA, 1995), embora para muitos esta é a razão para o enorme número de minas abandonadas no Oeste americano onde, na falta de critérios para o inventário, os Estados maximizaram o número de minas em seus territórios visando obter mais fundos através do CERCLA (WESTERN GOVERNOR'S ASSOCIATION, 1998).

#### **4.3.3. Metodologias Usadas na Remediação de Locais de Minas e Usinas de Urânio**

De acordo com CHUNG (1995) e USDOE (1995), as ações de remediação seguiram, de um modo geral, uma mesma concepção adaptada às necessidades de cada local, conforme apresentado a seguir.

##### **4.3.3.1. Ações para a Descontaminação e Desmontagem das Usinas**

- Limpeza e descontaminação dos equipamentos e construções usando jatos de água, vapor ou outro método se necessário com a devida deposição dos rejeitos produzidos em bacias de evaporação.
- Remoção de equipamentos e segregação dos mesmos nas seguintes categorias: a) aqueles potencialmente vendáveis para uso irrestrito; b) aqueles que ficaram contaminados, mas poderiam ser usados em outras instalações de processamento de urânio e; c) as descartáveis, cujo preço de venda era insignificante considerando o limitado mercado, custos e exigências legais.
- Desmantelamento das construções e fundações, divisão em partes pequenas e prensagem de equipamentos, tubulações, tanques e materiais estruturais para facilitar o manuseio.
- Deposição do ferro velho e entulho em aterros, geralmente nas pilhas de rejeitos, longe das extremidades das pilhas, dispostos em camadas e compactado. Para isso, a pilha deve estar seca e suficientemente compactada para suportar equipamentos pesados, o que pode demorar alguns anos.
- Limpeza da área da usina com remoção dos entulhos e do solo contaminado de estradas, estacionamentos, oficinas.
- Nivelamento e preparação do solo para plantio incluindo aragem, calagem, fertilização e semeadura, onde for necessário para que se estabeleça a vegetação. Para assegurar a sobrevivência a longo prazo, os tipos de vegetais devem ser os nativos da área.

##### **4.3.3.2. Ações para a Remediação das Pilhas de Rejeitos**

- As extremidades das pilhas são reconfiguradas, atenuando-se os ângulos de deposição para minimizar a erosão pela enxurrada das águas das chuvas.

- As rampas e extremidades das pilhas são cobertas com material que sirvam de barreira para minimizar a exalação de radônio (rochas misturadas com argila ou silte).
- A drenagem das vizinhanças é dirigida para fora das pilhas, devendo-se considerar no projeto das canaletas a maior quantidade de chuvas dos últimos 200 anos.
- Espera para as pilhas sedimentarem e secar. Isto pode levar anos devido a baixa capilaridade das lamas. Nesta etapa devem ser monitoradas movimentações verticais ou laterais.
- Toda a pilha é coberta com barreira para o radônio geralmente com o mesmo material usado para as extremidades e rampas. Estes materiais devem ser submetidos a testes de compatibilidade com a acidez e a radioatividade associadas aos rejeitos. A espessura das camadas pode variar de 0,15 cm até alguns metros dependendo das propriedades do rejeito e deve servir também para evitar a infiltração de água para o interior das pilhas.
- A camada final é a proteção contra a erosão e deve ser adiada até que a sedimentação da pilha esteja quase completa. Pode-se usar solo, se a intenção é fazer cobertura com vegetação ou rocha, se o crescimento de vegetais na região for difícil. O local deve ser monitorado para acompanhar a erosão e crescimento de vegetais.
- A área restrita do local é cercada.
- Uma parte da área da pilha pode ser necessária para a deposição final de rejeitos do local, particularmente aqueles que são produzidos no tratamento de águas subterrâneas.
- O local é monitorado para assegurar que todos os aspectos do projeto e programa de construção tenham sido desenvolvidos como previsto, que todas as normas tenham sido atendidas e que não tenha ocorrido nenhuma alteração no local.

#### **4.3.3.3. Ações para a Remediação das Águas Subterrâneas**

Como os contaminantes das águas subterrâneas vêm principalmente das pilhas de rejeitos pode haver necessidade de que, na remediação, este problema tenha de ser resolvido. O processo compreende as seguintes etapas:

- Construção de um sistema de poços e tubulações dentro e ao redor das áreas para coletar água subterrânea e monitorar sua qualidade.
- Trincheiras e drenos podem ser construídos desde onde a drenagem ocorre até a base das pilhas.

- Poços de injeção e captação podem ser construídos para prevenir a movimentação da água subterrânea através das formações geológicas e para fora do local.
- A limitação da quantidade de água superficial que entra no local pode ser necessária para reduzir o fluxo de água subterrânea.
- As águas subterrâneas que entram no local podem ser interceptadas por poços ou aberturas subterrâneas, visando reduzir a possível contaminação.
- Bacias de evaporação revestidas podem ser construídas para deposição da água subterrânea contaminada coletada.
- A água subterrânea deve ser coletada, monitorada e, se necessário, tratada até que os padrões de qualidade exigidos sejam atingidos.

#### **4.3.3.4. Ações para a Remediação de Minas de Urânio**

Na remediação de minas a céu aberto a cava pode ter de ser aterrada, usando o material das pilhas de bota-fora ou ter suas bancadas modificadas para eliminar os degraus íngremes. As pilhas de bota-fora devem ter a configuração modificada para dar uma inclinação mais natural e permitir o crescimento de vegetação. Para as minas subterrâneas é exigido o fechamento de todas as entradas e poços de ventilação.

A recuperação da área inclui o retorno da paisagem o mais próximo possível às suas condições originais. Para isso, as pilhas de material de cobertura devem ser recolocadas e rearrumadas para serem misturadas com o terreno local e depois serem cobertas com o solo vegetal original, o qual havia sido estocado separadamente, é feita a semeadura necessária para se estabelecer a vegetação. Para garantir a revegetação a longo prazo, são utilizadas sementes de vegetação do local.

Depois da remediação ser aprovada pelo licenciador, o dinheiro do fundo é liberado e o título da terra, incluindo os rejeitos passa para o USDOE ou para o órgão estatal adequado, o qual tem a responsabilidade pela monitoração e manutenção do local a longo prazo (USDOE, 1995).

Para as minas, os custos de remediação podem ser significativos. Como exemplos temos os gastos da Rocky Mountain Energy Company, em Wyoming, que relatou um gasto de aproximadamente US\$ 35 milhões para aterrar cavas de minas na região da bacia de Powder River. No New Mexico, a empresa licenciada relatou que, para a remediação das grandes minas a céu

aberto de Jackpile e Paguate, localizadas em terras de tribos indígenas de Laguna e Pueblo, havia pago às tribos US\$ 40 milhões, com o acordo de que a empresa seria liberada de obrigações futuras (USDOE, 1995).

#### **4.3.4. Impactos Sociais**

Em 1966, o Departamento de Saúde do Estado de Colorado (*Colorado Department of Health*) e o Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos (*U.S. Public Health Service*) determinou que os rejeitos da usina de tratamento de minério de urânio que estavam sendo usados na construção civil traziam um problema radiológico potencial à saúde dos ocupantes das construções e a utilização dos rejeitos foi interrompida. Pesquisas realizadas pela USEPA e pelo Departamento de Saúde do Estado de Colorado constataram que o problema estava disseminado por toda a cidade.

Em 1970, o *U. S. Surgeon General* editou diretrizes para determinação de níveis de radiação devido ao radônio e seu filhos nas estruturas que necessitavam de remediação. Um programa detalhado de monitoração radiológica foi executado e muitas construções apresentaram níveis de radiação acima dos limites estabelecidos pelo *U. S. Surgeon General* (COFFMAN, 1982; GROESELMA, 1982).

A participação da sociedade não envolveu apenas os grupos de interesse (reguladores locais, e da USEPA) mas também os donos e inquilinos de mais de 4.000 propriedades tiveram real interesse em saber como os projetos de remediação afetariam suas casas. Em muitos casos, a contaminação das estruturas era tão grande que as famílias tiveram que ser relocadas ou os estabelecimentos comerciais fechados e transferidos para outro local ou instalados em *trailers*. Estas situações levaram a negociações para reembolsar custos e discutir detalhes sobre como as construções seriam reconstruídas. Respondendo às necessidades da comunidade foi instalado um departamento de relações para atender os proprietários praticamente em tempo integral. As principais funções desse departamento eram: obter acesso às propriedades através de autorização por escrito dos donos; obter autorização por escrito para a remediação combinada; encontrar acomodação adequada para transferência de moradores e usuários; coordenar programas de atividades com as agências públicas e locais; e, facilitar as resoluções dos proprietários com os projetistas, construtores, engenheiros e empreiteiros. Não era incomum o proprietário de uma casa

recusar um tipo de árvore ou revestimento que fosse diferente do original e ter que cuidar para que os custos não fossem exagerados (ELMER, 1996).

#### **4.4. França**

##### **4.4.1. Exploração e Produção de Urânio**

A prospecção de urânio na França começou em 1946, focalizando depósitos conhecidos, de onde era feita a extração do rádio. Em 1948, os trabalhos de exploração baseados em pesquisas radiométricas e em mapeamento geológico levaram à descoberta do depósito de La Crouzille. Até 1955, os trabalhos de pesquisa mineral, que tiveram a participação de empresas estatais e da iniciativa privada, identificaram os depósitos de Limousin, Forez, Vendée e Morvan (MAGET et al, 1964; MAGET et al, 1965; NEA, 1998). Entre 1977 e 1981, visando manter a quantidade de seus recursos o governo subsidiou a exploração em locais de risco, na França e no exterior. O subsídio era concedido pelo Ministério da Indústria e Pesquisa, segundo parecer do Comitê de Minas do CEA e atingia um teto de 35% dos custos totais do projeto, devendo o dinheiro ser reembolsado se houvesse a descoberta de quantidade de minério cuja exploração fosse considerada comercialmente viável (NEA, 1998). Ao empreendedor beneficiado era exigido respeitar as finalidades da produção, a priorizar os interesses nacionais sobre seus direitos de acesso ao minério extraído dos depósitos descobertos, respeitando as condições legais dos países onde se localizam as minas (NLB, 1977).

O urânio vem sendo produzido na França desde 1946. Esta produção atingiu seu auge em 1988, declinando sistematicamente depois desta data. Com o fechamento do centro de mineração de Lodève em 1997, a mina de Bernardan passou a ser a única mina de urânio em operação na França, mas o encerramento de suas atividades estava previsto para 2001 (NEA, 2000). No exterior, a Cogema, através de suas subsidiárias, tem se dedicado à exploração de urânio na Austrália, Canadá, EUA, África e Ásia Central (NEA, 1998).

Ao longo de 55 anos, na França, o minério de urânio foi extraído de minas a céu-aberto e/ou subterrâneas. O minério foi processado em 11 usinas de tratamento químico, através de lixiviação agitada e lixiviação em pilhas. Foram produzidas 70.000 tU e mais de 50 milhões t de rejeitos os quais foram estocados em 22 locais. Após a desativação das minas, a remediação dos locais tornou-se um dos maiores interesses em termos de custos e eficiência a longo prazo. O

número total de minas de urânio seria de 170, 200 ou 250, segundo informações divulgadas respectivamente pela Andra (2000; 2001), DAROUSSIN e PFIFFELMANN 1994; 1996) e DAROUSSIN et al. (1998).

As informações sobre a quantidade total de material retirado das minas são raras e contraditórias. Segundo FARGES et al (1986), as quantidades dos diferentes rejeitos produzidos até 1981 eram: 1,8 milhões t de rejeitos de usinas de tratamento químico; 3,9 milhões t de rejeitos de lixiviação em pilha e 65 milhões t de material de cobertura e material com baixo teor de urânio. O autor estimou que para a produção de 100 mil tU, seriam produzidas 100 milhões t de rejeito de usina de tratamento químico, 25 milhões t de resíduo de lixiviação em pilhas e 300 milhões t de material de cobertura e minério de baixo teor de urânio. Portanto, para a produção de 70 mil tU e usando a mesma base de cálculo de FARGES teríamos 70 milhões t de rejeitos de usinas de tratamento de minério de urânio, 17,5 milhões t de rejeitos de lixiviação em pilha e 210 milhões t de material de capeamento e com baixo teor de urânio. Esta quantidade é bem maior do que o que foi contabilizado pela Andra em 1993 e em 2000 (ANDRA, 2000; 2001).

#### **4.4.2. Políticas de Gerenciamento de Rejeitos e Fechamento de Minas e Usinas de Urânio**

Até o final dos anos 80, depois de mais de 40 anos de exploração do urânio, não existia na França um documento que desse uma visão de conjunto dos rejeitos radioativos produzidos ou armazenados no país. Para a Andra (2001), este fato não deve ser considerado um desconhecimento ou mesmo negligência dos operadores das instalações. Simplesmente a pesquisa pertinente e o gerenciamento dos rejeitos eram feitos cada um por si dentro de uma lógica de exploração industrial, segundo uma regra específica, sem preocupações particulares de comunicação com os não especialistas. Em 1991, a Andra recebeu a incumbência de fazer o inventário, incluindo o estado e a localização, de todos os rejeitos radioativos existentes no território francês. Para isso ela criou, em 1992, o Observatório da Andra encarregado da contabilidade e divulgação dos resultados. O seu primeiro inventário foi publicado em 1993. Nesse inventário os rejeitos foram divididos nas seguintes categorias: rejeitos da extração e tratamento de minerais de urânio, rejeitos das usinas da indústria núcleo-elétrica (pertencentes ou não ao ciclo dos combustíveis nucleares), rejeitos dos centros de estudos nucleares e rejeitos dos reatores de produção de eletricidade. Os rejeitos da extração e tratamento de minério de urânio incluem rejeitos produzidos na britagem, moagem,



lixiviação agitada e estática, lamas produzidas no tratamento de efluentes líquidos além de resíduos e sucatas produzidos na desmontagem das usinas de tratamento químico de minério de urânio, tais como, ferro velho, concreto, terra e entulho de construção. Esses rejeitos foram classificados como rejeitos de atividade muito fraca. Em seu primeiro inventário, a Andra informou que a lavra de minério de urânio havia sido feita em 170 locais que, para efeito de remediação, foram agrupados em 17 áreas, apresentadas na Tabela 4.9. Em 1998, a Andra informou a existência de cerca de 52 milhões t desses rejeitos o que foi ratificado em 2001 (DAROUSSIN e PFIFFELMANN, 1996; ANDRA, 2000; 2001).

Das onze usinas, seis já foram completamente remediadas e as outras estão com sua remediação em andamento (DAROUSSIN e PFIFFELMANN, 1996). Essa remediação está voltada prioritariamente para as bacias de rejeitos das usinas de lixiviação agitada e para as pilhas de rejeito de lixiviação em pilha. Com a evolução das exigências legais e das atividades de remediação dos locais das minas de urânio, verificaram-se no país algumas mudanças na política de gerenciamento de rejeitos de minas e usinas, modificando-se até mesmo o conceito de recurso mineral de urânio. Segundo essa nova visão, um recurso mineral de urânio somente pode ser considerado recurso assegurado se a lavra puder ser desenvolvida de maneira aceitável, sob ponto de vista da proteção do meio ambiente (NEA, 1998).

A Cogema, atualmente a única proprietária de minas de urânio na França, passou a desenvolver e divulgar uma política voltada para a proteção do meio ambiente. Em 1993, a empresa criou a *Direction de l'Environnement*, que se tornaria depois a *Direction de Qualité, Sécurité e Environnement*, com o objetivo de assegurar que o meio ambiente fosse levado em conta em todas as atividades do grupo. Na divisão de urânio da Cogema, o Serviço de Meio Ambiente de Locais de Mineração coordena a remediação dos locais de minas de acordo com as leis do país e as regras ambientais da própria empresa. Os objetivos e princípios a serem seguidos nas atividades de remediação dos locais de minas de urânio da Cogema são apresentados no Quadro 4.2.

**Tabela 4.9. Inventário dos Depósitos de Rejeitos de Minas e Usinas de Urânio na França**

<b>Instalação</b>	<b>Período de Operação</b>	<b>Resíduo de Lixiviação Agitada (1000 t)</b>	<b>Resíduo de Lixiviação Estática (1000 t)</b>	<b>Outros Resíduos (1000 t)</b>	<b>Quantidade Total de Resíduos (1000 t)</b>	<b>Período da Ação</b>
Le Bouchet	1946 – 1971			20	20	1972 - 1979
Le Rophin	1949 – 1955	30			30	1985 - 1985
Bauzot	1950 – 1969			16	16	
L'Ecarpiere	1952 – 1991	7.575	3.775		11.350	1991 - 1995
Fanay	1953 – 1992					
Les Bois Noirs Limouzat	1954 – 1980	1.300			1.300	1980 - 1987
Magnac	1954 – 1995					
Teufelsloch	1954 – 1963	3			3	
Bessines	1955 – 1993	11.454	8.572	11	20.037	1995 -
Gueugnon	1955 - 1980	168		40	208	1980 - 1981

Fonte: ANDRA, 2001. Adaptado pelo Autor.

**Tabela 4.9. Inventário dos Depósitos de Rejeitos de Minas e Usinas de Urânio na França (continuação)**

<b>Instalação</b>	<b>Período de Operação</b>	<b>Resíduo de Lixiviação Agitada (1000 t)</b>	<b>Resíduo de Lixiviação Estática (1000 t)</b>	<b>Outros Resíduos (1000 t)</b>	<b>Quantidade Total de Resíduos (1000 t)</b>	<b>Período da Ação</b>
La Commanderie	1955 – 1991		250		250	
Le Cellier	1956 – 1990	1.700	4.244		5.944	1990 – 1991
Saint Pierre du Cantal	1958 – 1985	605			605	1986 – 1990
La Ribiere	1959 – 1985		197		197	1990 – 1992
Peny	1964 – 1995					
Bellezane	1975 – 1993	1.514	42		1.556	
Montmassacrot	1977 – 1990	737			737	
Bertholene	1977 – 1995		476		476	1995 – 1996
Jouac	1978 -	1.709	41		1.750	
Lodeve	1978 - 1997	5.388			5.388	1997 –

Fonte: ANDRA, 2001. Adaptado pelo Autor.

**Quadro 4.2. Objetivos e Princípios da Cogema para a Remediação dos Locais de Minas de Urânio.**

<b>Objetivos</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Assegurar a estabilidade perene (longo prazo) dos resíduos, garantindo a segurança e saúde da população.</li><li>• Tornar os impactos ambientais os menores possíveis.</li><li>• Prevenir todos os riscos de liberação de resíduos devido a intrusão intempestiva de seres humanos e outros animais.</li><li>• Assegurar que os resíduos nunca sejam usados na construção civil.</li><li>• Limitar o consumo de espaços com oposição às servidões.</li><li>• Reduzir a necessidade de controle institucional depois da remediação.</li><li>• Reduzir ou suprimir a necessidade de supervisão técnica no futuro, através da seleção adequada de barreiras naturais e controles passivos.</li><li>• Permitir, tanto quanto possível, a reconversão do local ou sua abertura à atividades de superfície.</li><li>• Conseguir a reintegração paisagística, adequando-a aos anseios realistas, expressos pelos grupos de interesses locais.</li></ul>
<b>Princípios</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Respeitar integralmente as regulamentações em vigor, especialmente as regras relacionadas ao impacto radiológico.</li><li>• Respeitar os compromissos assumidos pela Cogema.</li><li>• Informar e consultar todos os potenciais grupos de interesses, em tempo hábil.</li><li>• Preferir as medidas preventivas no lugar das curativas.</li><li>• Buscar as soluções com a melhor relação eficácia/custo.</li><li>• Tornar todo tipo de impacto residual tão baixo quanto razoavelmente possível (princípio Alara)</li><li>• Respeitar os princípios da proteção radiológica – justificação, otimização e limitação de dose.</li></ul>

Fonte: DAROUSSIN e PFIFFELMAN, 1996; DAROUSSIN et al., 1998; NEA 1999. Adaptado pelo Autor.

#### 4.4.3. Metodologias Usadas na Remediação de Locais de Minas e Usinas de Urânio

As pesquisas e metodologias usadas na remediação dos locais de minas e usinas de urânio da França podem ser resumidas pelas descrições dos trabalhos desenvolvidos nas principais regiões de produção a saber: A região de Forez, onde a mina mais importante era Les Bois Noirs - Limouzat a usina operou de 1962 até 1981, processando um total de 2,9 milhões t de minério e produzindo 7 mil tU (PRADEL, 1982; FARGES et al., 1986). A região de Vendée, no complexo minero-industrial de Écarpière, com minas subterrânea e a céu aberto e usina de lixiviação agitada e em pilhas, que operou de 1953 a 1991, produzindo 14 mil tU e 13 milhões t de rejeitos, ocupando uma área de 240 ha (CROCHON e DAROUSSIN, 1996; DAROUSSIN e PFIFFELMANN, 1996). A região de Haute Vienne, em La Crouzile, de onde foram extraídas 23.500 tU de mais de 20 minas com lavras subterrânea e a céu aberto, destacando-se as minas Bellezane, Montmassacrot, Brugeaud e Lavaugrasse. A movimentação total de material bruto nesta região foi de 73 milhões t. A usina de tratamento químico situada em Bessines-sur-Gartempe, processou entre 1958 e 1993, 22 milhões t de minério gerando 13,7 milhões t de rejeitos (PRADEL, 1982; CROIZAT e LAURET, 1996). E a região de Lozère, em Le Cellier, com minas a céu aberto e subterrânea, de onde foram extraídas 3,3 milhões t de minério. A usina de tratamento químico operou de 1977 até 1990, produzindo 6,3 milhões t de rejeitos de lixiviação agitada e de lixiviação em pilha, ocupando uma área total de 66 ha (DAROUSSIN e PFIFFELMANN, 1996).

Como as exigências sobre a mineração e o processamento de minério de urânio são as mesmas que se aplicam à mineração de qualquer outro bem mineral, o fato do urânio ser radioativo implica que o operador da mina deve tomar medidas adicionais para evitar a dispersão de radionuclídeos para o meio ambiente e mitigar a taxa de exposição à radiação externa, de acordo com as regulamentações existentes, as quais estão se tornando cada vez mais severas no país (NEA, 1998).

Segundo FARGES et al (1986), a estratégia gerencial definiu três eixos, que direcionaram os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento: conhecer, compreender e prevenir. Os trabalhos foram desenvolvidos pelos laboratórios da Cogema, com a colaboração de outros laboratórios especializados do país. Em todos os locais de remediação foram inicialmente desenvolvidos programas específicos para:

- **inventariar os termos fontes**<sup>20</sup> - quantificação, classificação em função de suas origens e localização em mapas;
- **caracterizar os termos fontes** - estudos mineralógico, petrográfico, geoquímico e geotécnico levando-se em conta os diferentes contextos geológicos explotados e os diferentes modos de processamento de minério e estocagem dos rejeitos; medidas da topografia, nível de água em piezômetros, fluxo de águas em pontos de drenagem e percolação, monitoração radiológica e estimativa de dose para grupos críticos teóricos da região, usando modelos matemáticos;
- **determinar a mobilidade e o processo de transferência dos elementos poluentes estáveis e radioativos** - estudos baseados na geoquímica (usando as fases líquidas e sólidas dos diferentes efluentes drenados das bacias e pilhas de rejeitos) e nos equilíbrios sólidos-líquidos, que permitem conhecer os mecanismos de migração e processos de concentração de radionuclídeos e metais pesados associados e os mecanismos de transferência para o meio ambiente; determinação das características hidrogeológicas dos locais, medidas de permeabilidade dos rejeitos estocados, tal qual estavam no local, e em função de diferentes condições de compactação; determinação da relação de fluxos de água de drenagem das minas e águas de chuva; determinação da qualidade das águas em redor dos empreendimentos e previsão dos possíveis locais de surgimento de águas percoladas; medidas de estabilidade e resistência da superfície à erosão e do comportamento de sedimentação das lamas;
- **selecionar os meios a serem usados para reduzir e, se possível, suprimir as transferências para o meio ambiente** - interpretação dos resultados obtidos nos programas acima; avaliação da evolução da qualidade das águas a serem tratadas antes do lançamento para o meio ambiente e, em função desta evolução, adequação do procedimento de tratamento; ensaios com possíveis materiais a serem usados para construção de barragem de rejeito e com os materiais a serem usados para recobrir os rejeitos quanto à eficácia para uso como barreiras destinadas a mitigar a dispersão de poluentes e a taxa de exposição à radiação externa; estudo de estabilidade física de taludes e coberturas;
- **definir as características estéticas para as áreas recuperadas** - estudos efetuados por paisagistas para selecionar alternativas que permitam integrar as áreas recuperadas à paisagem do local, valorizando-as (FARGES et al, 1986).

---

<sup>20</sup> Termo fonte – material de onde se origina ou onde se localiza a fonte de radiação ou de onde são liberados os radionuclídeos.

Três objetivos guiaram os ensaios para definir o método de deposição: a utilização de material existente no local; a minimização do número de termos fontes a ser gerado; e, não utilização de geotexteis cuja perenidade não estivesse demonstrada. Os ensaios efetuados tinham como objetivo:

- **avaliar os locais de estocagem e de seu meio ambiente** - determinação da estabilidade física, característica de empilhamento e eficácia do material usado para recobrir os rejeitos e avaliação dos impactos hidrogeológicos, radiológicos e paisagísticos decorrentes de sua aplicação; determinação das características topográficas finais e avaliação de seus impactos hidrogeológicos, radiológicos e paisagísticos; comparação da estabilidade das barragens usadas durante a fase de operação e da cobertura dos rejeitos, após a recuperação, para verificar se o confinamento mecânico dos resíduos estava assegurado; execução de cálculos de estabilidade, para diferentes configurações que permitam assegurar a perenidade dos materiais usados para a retenção dos rejeitos; avaliação de diferentes espessuras e tipos de coberturas para determinar o comportamento dos materiais naturais disponíveis no local, quanto à compactação e variações da permeabilidade; a compactação contribui também para limitar as intrusões e erosões;
- **avaliar as características geotécnicas** - definição da resistência e das dimensões das pilhas e adaptação da espessura da cobertura em função da topografia final solicitada;
- **avaliar o modelo topográfico** - que é função do tipo de integração a paisagem, a ser efetuada, e compreende a recuperação de vertentes das bacias e a construção de canais de drenagem para assegurar a escoamento das águas de superfície;
- **avaliar o contexto hidrogeológico** - caracterização de todas as estruturas naturais, ou construção de estruturas susceptíveis de favorecer a dispersão das águas do local;
- **avaliar o sistema de tratamento de águas** - a percolação de águas através dos rejeitos é um processo cuja duração é de difícil previsão, por isso recebeu uma atenção especial incluindo: drenagem seletiva dos diferentes tipos de efluentes existentes nos locais, para que não se fizesse o tratamento daqueles que não estivessem contaminados; determinação da composição de cada efluente com o acompanhamento da evolução da sua qualidade e da sua tendência de retornar ao equilíbrio hidrogeológico do local e o modelamento deste comportamento; adaptação do sistema de tratamento de rejeitos, usado na fase de operação da usina, à nova situação; e, realização de um programa de pesquisa e desenvolvimento de sistemas de tratamento passivo que permitam eliminar a produção e o tratamento das lamas geradas no tratamento químico das águas;

- **comparar os resultados de monitoração e controle radiológico** - a comparação dos resultados obtidos antes e depois da remediação permite avaliar a diminuição do impacto sobre o meio ambiente local e auxilia na tomada de decisão sobre o que deve ser mantido e o que deve ser modificado em termos de cobertura.

Como estratégia de gerenciamento de rejeitos a longo prazo a serem desenvolvidas pela França, havia duas correntes opostas: uma que propunha primeiro concentrar todos os radionuclídeos numa matriz adequada e depois confiná-lo, em condições que evitassem sua lixiviação natural. A outra que defendia a dispersão ou diluição dos radionuclídeos para o meio ambiente, em liberações controladas e dentro dos limites de lançamento estabelecidos em lei. Seria também possível combinar os dois métodos usando-se um confinamento parcial e tirando vantagem da capacidade do meio ambiente absorver os componentes radioativos (FARGES et al, 1986).

Estes autores apontam como desvantagens da proposta de confinamento: a necessidade de se prever o comportamento da barragem durante milhares de anos; a necessidade de se considerar fenômenos geológicos como glaciação, mudanças no nível do mar, vulcanismo; a necessidade de impedir a intrusão de seres humanos e animais, em futuro remoto e principalmente a necessidade de monitoração do local durante um longo período para confirmar que não está ocorrendo liberação para o meio ambiente. A proposta de dispersão e diluição foi considerada atrativa mas, a liberação para o meio ambiente teria que ser segura e o processo como um todo teria de ser mantido sob controle. Além disso, seria necessário haver segurança de que nenhum efeito danoso seria causado pelo material radioativo nos níveis liberados, o que exige muita pesquisa para reconhecer as vias de transferência e avaliar os impactos ambientais. A França, por pragmatismo, decidiu resolver caso a caso, usando como base gerencial, o princípio ALARA, preferindo usar cobertura com material sólido semi seco ou cobertura com água (FARGES et al, 1986; CROCHON e DAROUSSIN, 1996 ; DAROUSSIN e PFIFFELMANN, 1996).

Para a remediação de Ecarpière onde a ombreira da barragem de rejeito estava coberta de pinheiros e acácias foi necessário cortar as árvores para reperfilhar as encostas. Os rearranjos das encostas destinaram-se a obter estabilidade a longo prazo, reduzir a erosão de superfície, facilitar a realização da cobertura e compactação, melhorar a integração com a paisagem. As encostas definitivas foram determinadas em função dos estudos de estabilidade.



A cobertura final foi composta de uma primeira camada de resíduos de lixiviação em pilha compactada sobre a qual foi espalhada uma camada de blocos de pedras *run of mine* compactada, que em seguida foi recoberta de terra vegetal. Sobre a terra vegetal foi feito um plantio para integrá-la à paisagem e diminuir a infiltração de água e a erosão.

As águas remanescentes da mina e de percolação são coletadas e enviadas para uma estação de tratamento. As lamas produzidas são estocadas em dois alvéolos dispostos sobre a bacia rearrumada. Os materiais de cobertura necessários à remediação final depois de encerrado o tratamento das águas, são armazenados em sua periferia.

Para a região de Forez, foram avaliadas três alternativas: 1) Usar um processo de solidificação baseado em argila pozzolânica para estabilizar os rejeitos e limitar a lixiviação. O produto foi checado e os resultados foram bons, mas não havia garantia de sua durabilidade a longo prazo e, além disso, foi considerado que o manuseio do rejeito durante a mistura, geraria doses elevadas aos trabalhadores e ao público devido principalmente a liberação de radônio. 2) Cobrir a bacia com uma camada de rocha, para isolar os rejeitos do meio ambiente. Era necessário também melhorar a qualidade da água da bacia e construir drenos para coletar águas. O recobrimento da bacia demandaria mais de 650.000 m<sup>3</sup> de areia e rocha. 3) Elevar o nível da água na bacia. Considerou-se que uma lâmina d'água com altura de dois metros era adequada. Foi usada a terceira opção que era a mais barata, mas não sabem se terão que usar outras alternativas. O local está sendo monitorado e a comparação dos resultados das medidas feitas antes e depois da remediação permite concluir que o local está descontaminado.

Projetos para uso futuro dos locais, quando as doses estimadas pelos diferentes cenários forem desprezíveis, tais como área de recreação, reserva agrícola, centros de treinamento de saltos ornamentais, criação de peixe ou reserva selvagem vem sendo analisados a fim de que a mesma seja usada da melhor maneira para o desenvolvimento local ou regional. Depois da remediação, o operador deve permanecer proprietário e responsável pelo local. O operador deve fazer monitorações do local e estimativas de impacto radiológico ambiental e garantir o tratamento das águas remanescentes, quando necessário.

Para manter a memória do local a longo prazo, um duplo controle institucional é feito na França: 1) Uma exigência permanentemente vinculada ao terreno, através de registro no *Conservatoire des Hypothèques*, que deve ser transmitida, em caso de venda, aos novos

proprietários. 2) A Andra é encarregada de manter atualizado o registro de todos os locais de estocagem de resíduos de baixa atividade das usinas e minas de urânio (NEA, 1999).

Existem outros cuidados tais como: conservação de todos os pontos de monitoração e medida piezométricas usadas durante as fases de operação e remediação; conservação das referências topográficas, as quais são objeto de levantamentos periódicos (DAROUSSIN et al, 1998).

Em 1994 a Cogema gastou FF\$ 129 milhões na remediação de locais de mineração (NEA 1999). Como componentes do custo, consideram gastos diretos com estudos, pesquisas e trabalho de campo, avaliação da exposição ocupacional e avaliação de impacto ambiental.

A exploração, lavra e remediação de minas de urânio e a operação e o descomissionamento de usinas de urânio seguem os princípios de proteção radiológica estabelecidos pelo Decreto 90-222 de 9 de março de 1990 redigido de acordo com o Código e Mineração, as diretivas da Euratom e os princípios da ICRP. De acordo com este decreto, a *Taux Annuel d'Exposition Totale Ajoutée* (TAETA) para a população da região remediada deve ser menor que 5 mSv/ano. A TAETA é calculada pela diferença entre a taxa de exposição anual total no local remediado menos a taxa de exposição anual total natural medida em toda a região ou em um local análogo.

## **4.5. Brasil**

### **4.5.1. Exploração e Produção de Urânio**

De 10 de julho de 1945 a 16 de novembro de 1955, diversas atividades de prospecção e produção de material fissil no Brasil estavam voltadas para atender contratos de fornecimento de monazita e óxido de tório para os EUA. Segundo contabilidade oficial da época, foram produzidas um total de 32.000 t de monazita *in natura* e industrializada, na forma de óxido de tório (SALLES, 1962), embora esse total possa ter chegado a 110 mil t de monazita (MACIEL e CRUZ, 1973).

De acordo com a revisão feita por MARTINS (1989) a prospecção específica para urânio iniciou em 1952, com os trabalhos em conjunto de técnicos do USGS e técnicos brasileiros do CNPq de acordo com um contrato informal entre o Ministério das Relações Exteriores e o Departamento de Estado dos EUA e desenvolveu-se em diferentes fases, apresentadas no Quadro 4.3.

#### Quadro 4.3. Fases da Exploração de Urânio no Brasil

Fase	Período
Fase CNPq	1952 – 1956
Fase Americana	1956 – 1960
Fase Francesa	1962 – 1966
Fase Brasileira	1966 – 1970
Fase CNEN/CPRM	1970 – 1974
Fase Nuclebras	1974 – 1983

Fonte: Martins, 1989. Adaptado pelo Autor

A participação americana durou até 1960; até 1956, com o CNPq e depois com a CNEN. Entre agosto de 1955 e dezembro de 1960 os trabalhos contaram também com a colaboração oficial da USAEC formalizada com a celebração de uma acordo conhecido como Programa Conjunto de Cooperação para o Reconhecimento dos Recursos de Urânio no Brasil (PCCRRUB) que na prática re-orientou toda a pesquisa de minerais físeis que vinha sendo realizada no país. A criação de CNEN representou importante passo para o reconhecimento dos minerais radioativos do Brasil (MARTINS, 1989).

As 4 áreas principais onde possíveis depósitos uraníferos significantes foram descobertos até 1960 foram: rochas sedimentares da Bacia do Tucano, na parte centro-leste do Estado da Bahia; rochas alcalinas zirconíferas da chaminé de Poços de Caldas, no Estado de Minas Gerais; conglomerados auríferos da Serra de Jacobina, na parte central do Estado da Bahia e; carvões do sul do Brasil, particularmente na área de Cambuí-Figueira, no norte do Estado do Paraná (WHITE e PIERSON, 1974; PARENTE e CASTRO, 1988).

Entre 1962 a 1966 a CNEN estabeleceu o Convênio de Cooperação Técnica com a *Commissariat à l'Énergie Atomique* da França, que dentre os programas de cooperação técnica que contemplaram a prospecção e pesquisa de minerais radioativos firmados até o final dos anos 60 foi o que mais contribuiu para o estabelecimento de uma capacitação nacional no setor, tendo-se criado o Departamento de Exploração Mineral (DEM), em 1962 (ANDRADE RAMOS e MACIEL, 1974). Nesta fase, houve o reconhecimento das áreas já visitadas e outras áreas foram exploradas. Em

Poços de Caldas houve a identificação da jazida de urânio do Campo do Agostinho (MARTINS, 1989).

A partir de 1966, os trabalhos de prospecção foram executados exclusivamente por técnicos brasileiros até 1970 quando se verificou tentativa de quantificar as reservas, principalmente no planalto de Poços de Caldas. A partir de 1970, houve uma intensificação das atividades de prospecção e pesquisa mineral. A recém criada Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, foi encarregada por lei da execução dos projetos de prospecção, cabendo à CNEN o planejamento, coordenação, fiscalização e supervisão dos trabalhos. Já em 1972 foram anunciadas reservas da ordem de 650 tU em Poços de Caldas. Em 1973 os investimentos brasileiros em prospecção de urânio só foram suplantados pelos investimentos dos norte-americanos. Neste período, foram identificadas as mineralizações no Quadrilátero Ferrífero e efetuadas sondagens visando o estudo de viabilidade econômica das reservas do Campo do Agostinho que foi dado como concluído. Foi definida a mineralização de Figueira, no Paraná e em rochas graníticas do Seridó (MARTINS, op. cit.).

A Nuclebras, criada em 16 de dezembro de 1974 conseguiu mudar radicalmente o panorama dos recursos de urânio do país passando as reservas de urânio do país para 250.000 t dez anos depois (NEA, 1986). Os principais depósitos descobertos nesta fase foram Itataia, no Estado do Ceará, em 1975 e Lagoa Real, no Estado da Bahia, em 1977.

A partir de 1983, os investimentos foram reduzidos e embora tenha havido reorganização do programa de desenvolvimento nuclear brasileiro em 1988 os investimentos no setor não foram retomados e desde 1991 toda exploração de urânio foi interrompida. A última descoberta significativa foi a do jazimento de Rio Cristalino, no Estado do Pará, em 1983 (NEA, 2000). Os recursos atuais de urânio no Brasil são apresentados no Quadro 4.4

A produção industrial de urânio no Brasil teve início em 1982 no Complexo Minero-Industrial do Planalto de Poços de Caldas, Minas Gerais, uma instalação com mina e usina de tratamento químico, onde foram produzidas 1.030 tU. Os detalhes sobre esta instalação são apresentados no Capítulo 5. A segunda unidade industrial de produção de urânio do país é o Complexo Industrial de Caetité, Bahia, onde está sendo explotada a jazida de Lagoa Real. A instalação iniciou sua produção em 2000, tendo produzido 100 tU em 2001.

A primeira experiência de gerenciamento de rejeitos de minas e usinas de urânio no Brasil é a da CIPC, cujo fechamento ocorreu em 1997. Os detalhes do gerenciamento usados na instalação são descritos no Capítulo 5 a seguir.

**Quadro 4.4. Depósitos e Ocorrências de Urânio no Brasil**

<b>Tipo</b>	<b>Depósito ou Ocorrência</b>	<b>Recursos (tU)</b>	<b>Localização</b>
Brecha Vulcânica	Campo de Cercado	22.726	Minas Gerais
	Campo do Agostinho		
Arenito/Carvão	Figueira	7.038	Paraná
	Amorinópolis	4.240	Goiás
Metassomático	Itaiaia	120.413	Ceará
Metassomático Albitito	Lagoa Real	85.451	Bahia
	Espinhaças	8.480	Pernambuco
	Campo Belo	848	Goiás
Metaconglomerado Quartzoso	Quadrilátero Ferrífero	12.720	Minas Gerais
	Gandarela	na	Pernambuco
	Serra das Gaivotas	na	Pará

Fonte: NEA, 2000; INB, 1995. na – informação não disponível. Adaptado pelo Autor.

#### **4.6. Conclusão do Capítulo 4**

A primeira iniciativa de aproveitamento industrial do urânio foi motivada pelos fins bélicos dos aliados EUA e Inglaterra. Inicialmente, o óxido de urânio era extraído dos rejeitos de antigas minas de rádio do Colorado, nos EUA, antes da década de 40 e, a partir de 1942, da mina de Port Radium, no Canadá e da mina de Shinkolobwe, no Congo Belga. A prospecção geológica de recursos de urânio nos países estudados foi iniciada no Canadá, em 1942; no Brasil, em 1945; nos EUA e na França, em 1946 e na Austrália, em 1947. As produções dos depósitos encontrados nessas campanhas foram iniciadas em 1942, 1946, 1948, 1954 e 1982, respectivamente no Canadá, França,

EUA, Austrália e Brasil. Enquanto as produções da Austrália e Canadá destinavam-se a atender a demanda dos EUA, na França a produção sempre teve objetivos próprios, independentes dos interesses norte-americanos. Assim também, tem sido a produção do Brasil.

Um fato interessante da indústria, do ponto de vista da proteção radiológica e da minimização de impactos sociais, é que, enquanto as jazidas da Austrália, Canadá e EUA foram localizadas em regiões remotas onde só habitavam povos indígenas, na França e no Brasil elas foram localizadas próximas a cidades de porte médio, em regiões bastante povoadas, cercadas de pequenas propriedades rurais. Atualmente, a França não tem mina de urânio em operação, o Brasil tem uma, a Austrália tem duas, o Canadá tem três e os EUA têm 8 minas.

Pode-se afirmar que o preço do urânio tem sido, na maior parte de sua história, ditado pela demanda da indústria bélica, com a USAEC definindo a demanda e o preço até meados da década de 60. Hoje, o preço está baixo porque há uma grande oferta do produto em decorrência do desmantelamento do arsenal nuclear da Rússia.

Nos EUA, Canadá e Austrália, as grandes empresas de mineração entraram no mercado contando com incentivos dos governos e a produção tem sido realizada pela iniciativa privada. Na França, a produção contou, de início, com a participação da iniciativa privada e, a partir da década de 70, passou a ser controlada totalmente pela Cogema, empresa estatal. No Brasil, a produção iniciou e continua a ser feita por empresa estatal.

No início da produção na Austrália, Canadá, EUA e França, os cuidados com os rejeitos das minas e usinas de urânio foram mínimos. Em todos eles, a mineração de urânio foi considerada uma operação mineira tal qual a de outros bens minerais. Os rejeitos sólidos e líquidos das minas foram depositos em talvegues e lançados em águas superficiais e os rejeitos das usinas foram depositos em vales naturais e lagos. Com o fechamento das minas, esses locais foram simplesmente abandonados sem que nenhuma providência para estabilizar ou isolar os rejeitos fosse tomada. Esses procedimentos aconteceram sem nenhuma restrição até 1966 quando nos EUA começou ser considerado que o mal gerenciamento dos rejeitos das usinas causavam danos ao meio ambiente e à saúde da população local. Os primeiros planos e procedimentos de remediação iniciaram em 1972 nos EUA mas foi somente em 1982, após aprovação do projeto UMTRA, que as ações se tornaram eficazes. Na Austrália, essas providências se deram a partir de 1978 e a primeira remediação iniciou em 1981. Na França, a primeira remediação foi em Le

Bouchet, em 1972, mas só a partir de 1980 é que os trabalhos foram sistematizados. No Canadá, os descomissionamentos iniciaram no final da década de 70, sistematizando-se na década de 80.

Os conceitos de rejeito apresentados nas publicações consultadas para elaboração desta tese são bastante vagos, com autores misturando a contabilização de rejeitos de minas com rejeitos de usinas e apresentando variações de quantidades de rejeitos de um ano para outro, cuja única explicação é a mudanças de critério de classificação. Os EUA fizeram levantamento de rejeitos de usinas no início do projeto UMTRA. O Canadá e a França começaram a contabilizar sistematicamente as quantidades de rejeitos das usinas na década de 90. Essas publicações técnicas pouco tratam de rejeitos de minas que, nos EUA e Canadá, ficam sob responsabilidade dos estados onde elas estão localizadas.

Quem está pagando a remediação das áreas com rejeitos das usinas antigas na Austrália, Canadá e EUA é o governo federal, com os estados ou províncias assumindo pequena parcela dos custos. Na França, a Cogema, que assumiu todas as propriedades de minas e usinas do país, está sendo a responsável financeira pela remediação. Para as minas cujo licenciamento foi obtido de acordo com as legislações modernas, o empreendedor está se responsabilizando pelos custos da remediação. A solução tem sido a criação de fundos de reserva como o *Superfund* nos EUA.

As mudanças de comportamento e procedimento foram fruto da conjunção da nova visão política de proteção ambiental e do conceito de desenvolvimento sustentável com a indignação da sociedade ocorrida na década de 70. A reação da sociedade contra as condições de abandono das minas e usinas de urânio deu lugar a inúmeras audiências públicas, agora regulamentadas em leis na Austrália, no Canadá e nos EUA, que levaram a inquéritos, implantados pelo Poder Judiciário, para investigação dos possíveis impactos dos rejeitos das usinas de urânio sobre o meio ambiente e a saúde da população e que acabaram por levar vários territórios e províncias da Austrália e do Canadá a proibir a produção do urânio em seus territórios. Vale a pena ressaltar que essa reação estava baseada, em grande parte, no medo do desconhecido.

Todos os países enfrentaram seus problemas de frente, iniciando primeiro com um trabalho de desenvolvimento de tecnologias de caracterização e remediação, seguido do trabalho de remediação propriamente dito. Porém, em nenhum deles, o trabalho de remediação dos locais das minas e usinas abandonadas foi completado.

Os cronogramas de remediação previstos, geralmente variando de 5 a 10 anos, têm tido seus prazos esgotados. O exemplo mais clássico é o caso do projeto UMTRA, nos EUA, no qual

a remediação de 24 locais estava prevista para ser desenvolvida na década de 80 e em alguns deles ainda não terminou. Esse projeto teve seu custo estimado em US\$ 540 milhões e, até 1988, havia gasto US\$ 1,449 bilhão.

Devido à falta de clareza na definição dos rejeitos que foram considerados nos trabalhos consultados, torna-se difícil a comparação de custos entre os diferentes países. A Austrália gastou A\$ 19 milhões para remediar o local da mina de Mary Kathleen e A\$ 12 milhões para o local da mina de Rum Jungle com o A\$ valendo US\$ 0,57. No Canadá, o custo dos estudos do Canmet para desenvolvimento de tecnologia foi de CN\$ 9,5 milhões e os custos da remediação da região de Beaverlodge e Ray Rock foi de CN\$ 6,6 milhões e CN\$ 2,5 milhões, respectivamente, no início dos anos 80. A França, em 1994, gastou FF\$ 129 milhões. Informações mais bem elaboradas são encontradas nos EUA: o impacto dos custos do descomissionamento de usinas convencionais no preço do urânio foi avaliado por CHUNG (1995), usando os dados das usinas de Ambrosia Lake, Bear Creek, Church Rock, Gas Hills/Umetco e Grants. Segundo esta avaliação, o custo médio total do descomissionamento é de US\$ 1.013,99/tU (variando de US\$ 524,45/tU a US\$ 2.412,60/tU). Este valor corresponde, em média, a 2,9% (variando de 1,5% a 6,9%) do preço da tonelada de urânio em 1992, que era de US\$ 34.967,12. A relação do custo do descomissionamento por tonelada de rejeito foi estimada, em média, em US\$ 1,13, com variação entre US\$ 0,57 a US\$ 2,62. Segundo o autor, estes custos representam um impacto pequeno no preço final do urânio. Para a remediação de locais de usinas de tratamento químico, o custo foi de US\$ 1.013,99/tU produzido e US\$ 1,13/t de rejeito de usina produzido. Nas Tabelas 4.5 e 4.6 pode-se verificar os custos por local remediado nos EUA. Estas informações podem ser comparadas com aquelas apresentadas num estudo feito pelo Ministério Federal de Economia e Tecnologia da Alemanha (BMWi), sobre os custos de remediação dos locais de produção de urânio em 14 países, tendo como base valores de 1993. Nesse estudo, os custos de remediação no mundo são em média de US\$ 2.336,86/tU e US\$ 4,00/t rejeito mas com uma variação bastante significativa de US\$ 280,42/tU (no Canadá) a US\$ 93.474,40/tU (na Suécia) e de US\$ 0,12/t rejeito (na África do Sul) a US\$ 68,00/t rejeito (no programa UMTRA Título I dos EUA) (BMWi, 1995).

Pelos dados apresentados na Tabela 4.7, publicados pelo USDOE em 2002, para o descomissionamento das minas UMTRA Título I pode-se constatar que os valores mudaram bastante.



Para os países estudados, os valores dos custos de remediação/t de rejeito, apresentados pelo BMWi, são US\$ 0,86, US\$ 0,48, US\$ 1,5 e US\$ 4,09 na Austrália, Canadá, EUA e França, respectivamente, e os custos de remediação/tU produzido são US\$ 1.273,86, US\$ 311,97, US\$ 1.143,88 e US\$ 1.845,80 na Austrália, Canadá, EUA e França, respectivamente, sendo que os valores para os EUA são das minas UMTRA Título II os quais consideramos mais próximos da realidade do CIPC.

## **PARTE II ESTUDO DE CASO**

### **CAPÍTULO 5 O COMPLEXO MÍNERO-INDUSTRIAL DO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS**

#### **5.1. Informações Gerais Sobre o CIPC**

O Complexo Mínero-Industrial do Planalto de Poços de Caldas (CIPC) é o primeiro empreendimento de lavra e tratamento de minério de urânio a operar no Brasil. O complexo pertence, atualmente, à Indústrias Nucleares do Brasil S. A. (INB), estatal à qual é conferida, por lei, a execução das atividades industriais do ciclo do combustível nuclear, que são monopólio estatal da União. É constituído de uma mina a céu aberto e suas áreas de bota-foras, instalações de tratamento físico de minério e usina de tratamento químico para extração de urânio por processo hidrometalúrgico, e bacia de rejeitos, além das instalações de utilidades e administrativas, destacando-se uma fábrica de ácido sulfúrico.<sup>21</sup>

O CIPC está implantado no Planalto de Poços de Caldas, região sudoeste do Estado de Minas Gerais, município de Caldas, em local denominado Campo do Cercado, conforme pode ser visualizado nas Figuras 5.1 e 5.2. A instalação está a uma distância máxima de 30 km das principais cidades da região (Andradas, Águas da Prata, Caldas, Ibitiura de Minas e Poços de Caldas), a 180 km ao norte da cidade de São Paulo, a 350 km a sudoeste de Belo Horizonte e a 360 km a noroeste do Rio de Janeiro. A altitude da região varia entre 1.300 e 1.600 m e o clima é tropical de altitude, com duas estações bem marcadas. Uma, que evidencia-se por ter pluviosidade intensa e temperatura mais branda, entre os meses de outubro e março e a outra, entre os meses de abril a setembro, caracterizada por forte estiagem e temperaturas baixas. O índice pluviométrico médio é de 1.700 mm/ano. A vegetação natural da região é basicamente formada por campos de altitude constituídos de gramíneas rústicas, dentre as quais predomina o capim “barba de bode” e por vegetação arbórea e arbustiva disseminada em pequenas manchas ao longo das vertentes.

---

<sup>21</sup> Na área da instalação também existem depósitos de armazenamento e deposição de torta II e mesotório. Torta II é um resíduo, rico em tório e urânio, resultante do processamento hidrometalúrgico da monazita usando hidróxido de sódio, realizado em escala comercial pela Nuclemon, em instalação industrial localizada na cidade de São Paulo – SP. Mesotório é um rejeito radioativo rico em <sup>228</sup>Ra, resultante do mesmo processamento.

Na área de influência da instalação há duas bacias hidrográficas: a bacia do ribeirão das Antas e a bacia do rio Verde. O CIPC está localizado sobre o divisor de águas das duas bacias. Os detalhes principais da localização são apresentados na Figura 5.2. O ribeirão das Antas flui das águas do reservatório (com área de 150 ha), formado pela barragem construída para suprimento de água do CIPC (que recebe os córregos do Cercado, Pitangueiras, das Antas, Cachoeirinha e Aterrado), até a represa Bortolan, na área urbana de Poços de Caldas. Quanto ao uso das águas destaca-se a irrigação agrícola, praticada com intensidade nos 10 km iniciais, além de algum emprego na dessedentação de bovinos. As águas da Represa Bortolan são usadas para alimentação de uma usina hidroelétrica de pequeno porte e para recreação, em especial a pesca e passeios de barco.

Quanto à bacia do rio Verde, estão na área do CIPC o ribeirão Soberbo e seu afluente, o córrego da Consulta. O ribeirão Soberbo deságua no rio Taquari, que é afluente do rio Verde. Às margens do rio Verde, a montante da confluência com o rio Taquari, está o distrito de Pocinhos de Rio Verde, da cidade de Caldas. As águas são usadas principalmente para irrigação agrícola e dessedentação bovina, observando-se também a prática da pesca. Num raio de 20 km não é observado nenhum uso doméstico dessas águas.

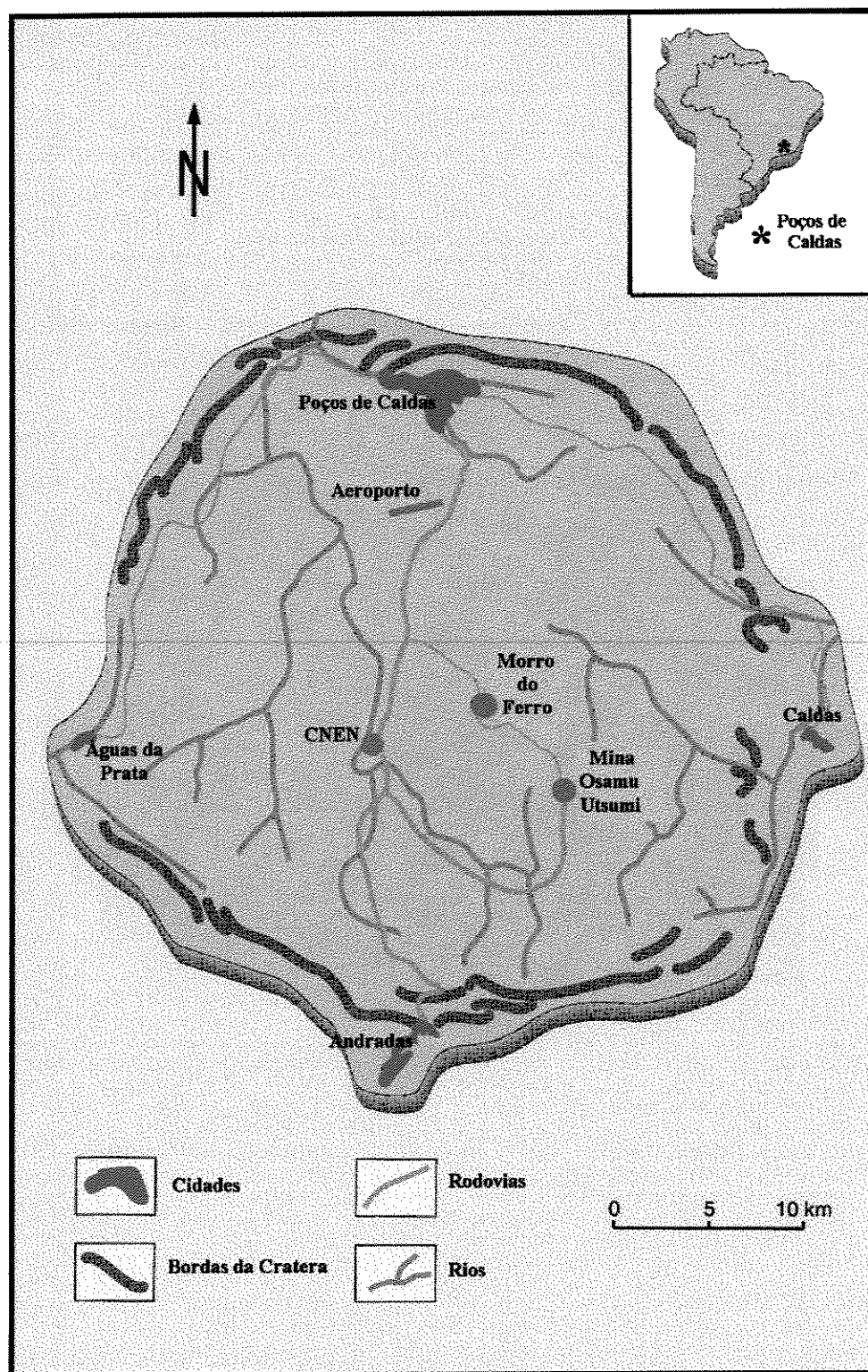
A usina foi projetada para tratar 2.500 t/dia de minério, totalizando cerca de 700 mil t/ano de minério com teor de urânio solúvel equivalente a 680 ppm de U, com produção prevista de 650 t/ano de diuranato de amônio (DUA), equivalente a aproximadamente 425 tU/ano.<sup>22</sup> A lavra foi projetada para atender a demanda diária da usina. A área requerida para o empreendimento é de 3.193 ha dos quais, 1.800 ha são de propriedade da INB. A área construída da unidade industrial é de 30 mil m<sup>2</sup> e a área da barragem de rejeitos é de 23 ha.

As quantidades de minério, bota-fora e rejeitos produzidos em quase 20 anos de operação são apresentados na Tabela 5.1. A análise dos dados da Tabela 5.1 permite avaliar o regime de operação da instalação. Sem levar em consideração o período entre 1989 e 1992, temos 11 anos de operação, durante os quais foram tratados aproximadamente 2,09 milhões t de minério numa usina com capacidade instalada para processar 700 mil t/ano (ano de 280 dias) e que produziu um total de 1.030 tU. Isto corresponde a aproximadamente 3 anos de operação à capacidade instalada.

---

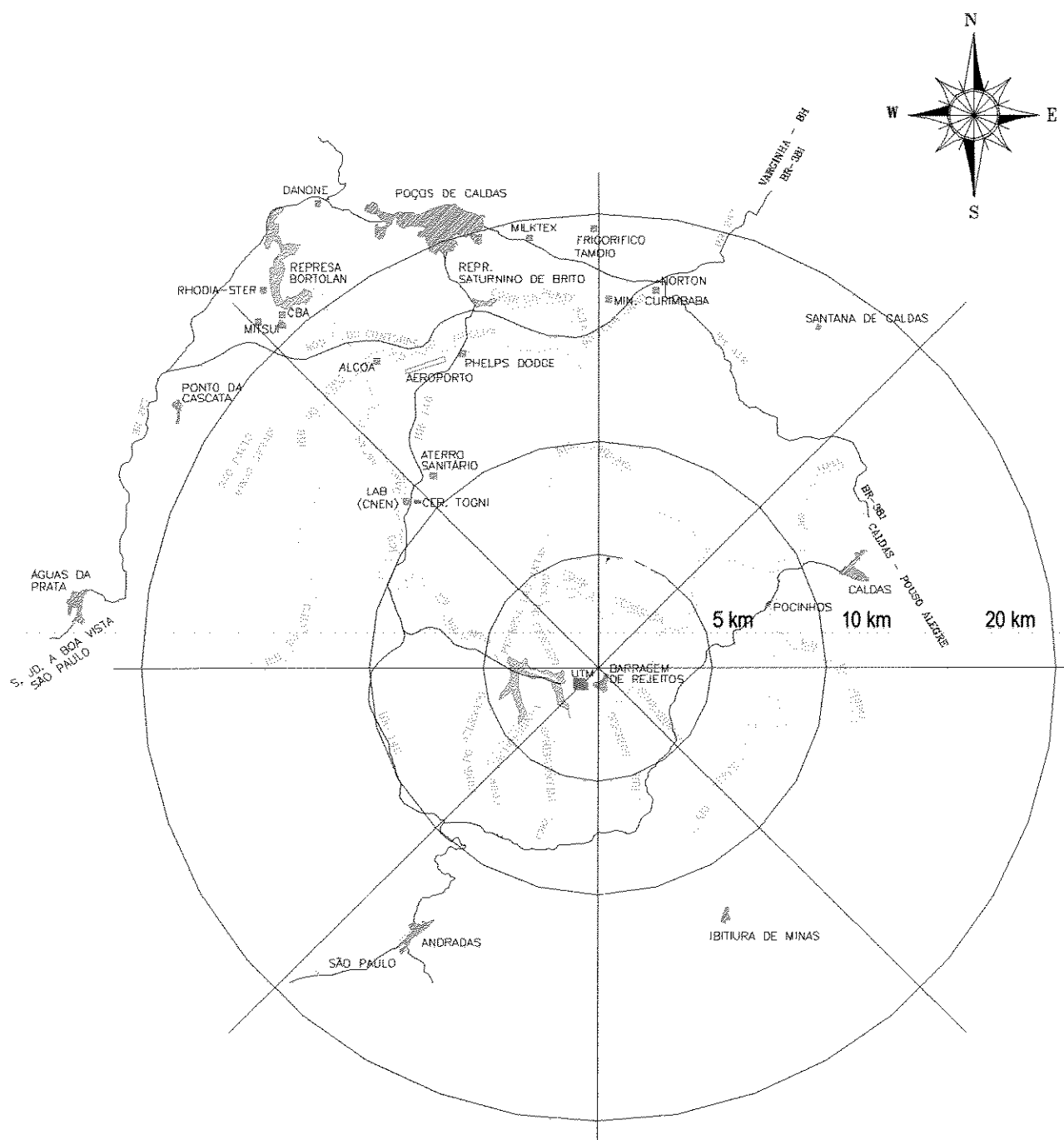
<sup>22</sup>

Urânio solúvel, nas condições de lixiviação usadas na usina de tratamento químico.



**Figura 5.1. Planalto de Poços de Caldas. Localização do Empreendimento**

Fonte: WHY POÇOS DE CALDAS, 1993. Adaptado pelo Autor.



**Figura 5.2. Detalhes Geográficos do Planalto de Poços de Caldas e Localização do CIPC**

Fonte: INB Obs. UTM = CIPC; LAB CNEN = Laboratório de Poços de Caldas - CNEN

**Tabela 5.1. Produção Mineira do CIPC de 1977 até 1997**

<b>Ano</b>	<b>Massa de Minério  (t)</b>	<b>Volume de Bota-fora  (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Massa de Bota-fora  (t)</b>	<b>Massa de Minério Tratado na Usina  (t)</b>	<b>Massa de Rejeitos Sólidos da Usina  (t)</b>
1977 a 1980	0	33.736.000	80.966.400	0	0
1981	148.697	398.984	957.562	0	0
1982	409.952	3.669.332	8.806.397	401.126	486.500
1983	388.840	2.726.104	6.542.650	358.541	405.151
1984	274.329	1.164.593	2.795.023	287.558	324.940
1985	287.536	1.152.196	2.765.270	237.429	268.295
1986	56.933	277.914	666.994	97.420	110.084
1987	286.147	694.572	1.666.973	270.769	305.968
1988	111.632	460.196	1.104.470	46.309	52.329
1989 a 1992	0	0	0	67.019	75.730
1993	93.128	168.843	405.223	53.479	60.432
1994	169.906	386.377	927.305	138.552	156.564
1995	89.427	242.416	559.981	131.495	148.588
1996	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	1.100	1240
<b>Total</b>	<b>2.316.527</b>	<b>45.077.300</b>	<b>108.000.000</b>	<b>2.090.798</b>	<b>2.395.820 <sup>a</sup></b>

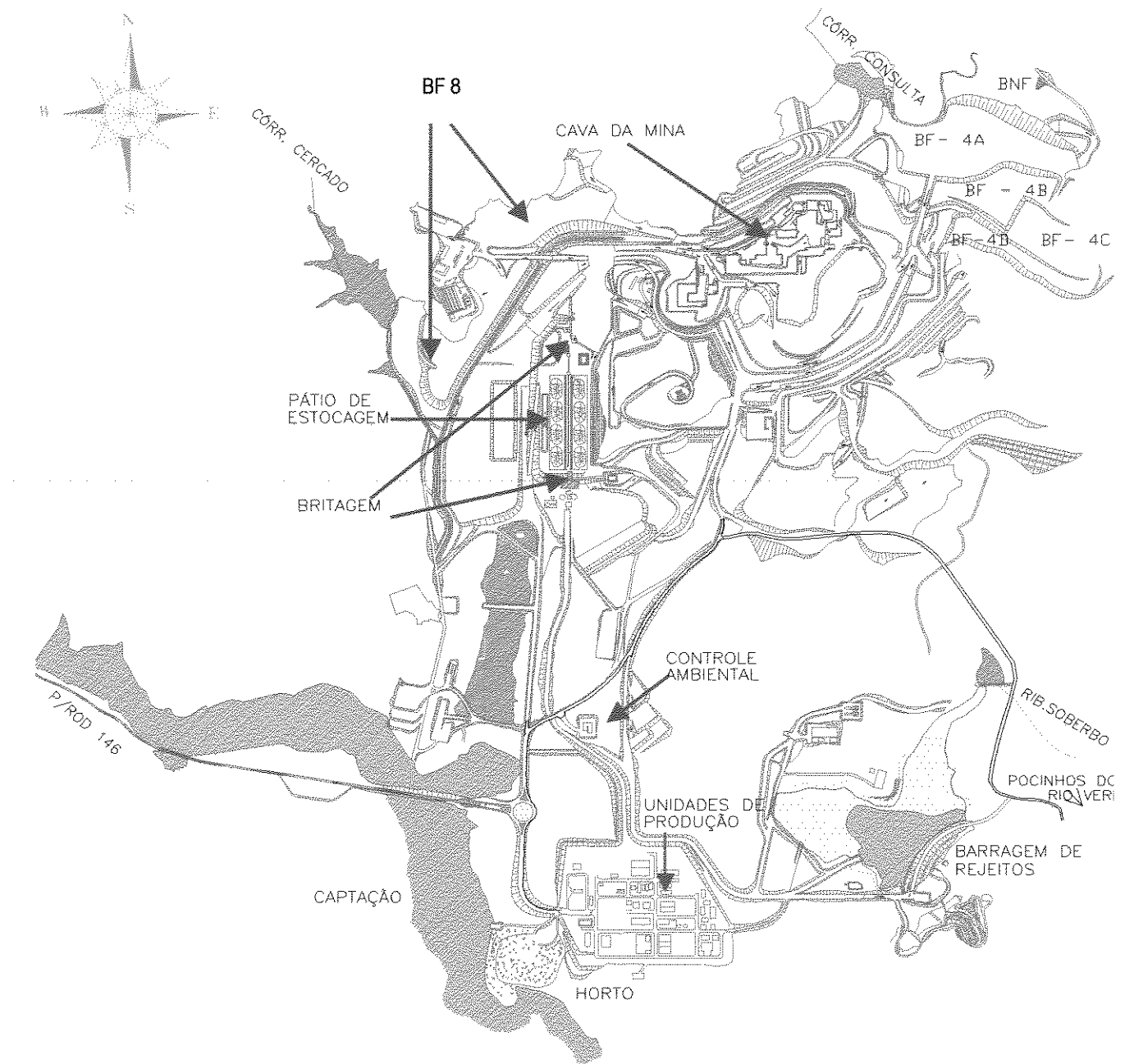
Fonte: INB a = além dos sólidos gerados no beneficiamento do minério foram depositas na bacia de rejeitos, até 1998, cerca de 84 mil t de Duca, produzido no tratamento das águas ácidas geradas na instalação, que ocupa um volume de 230 mil m<sup>3</sup>.<sup>23</sup>

<sup>23</sup> Duca = Diuranato de Cálcio - é a denominação local das lamas obtidas originalmente por neutralização, usando cal, de águas coletadas do pátio de minério, que continham baixos teores de U, visando a descontaminação e o aproveitamento do urânio contido. Estas lamas são basicamente compostas de hidróxidos de metais como Fe, Al, Mn, além das espécies radioativas, numa matriz de sulfato de cálcio. Com o tempo esta denominação passou a ser dada para todas as lamas produzidas no tratamento de águas de chuva, da cava da mina e drenagens ácidas dos bota-foras.

Estimamos que a usina, além dos dias previstos para manutenção, ficou parada em 73% do tempo o que se pode caracterizar como uma operação bastante irregular.

A produção anual real da usina em 3 anos é estimada em 343 tU/ano, consumindo 697 mil t/ano de minério, valores ainda abaixo da capacidade instalada. Na Figura 5.3, é apresentado o arranjo físico da instalação e na Figura 5.4, o fluxograma de gerenciamento de rejeitos da instalação.

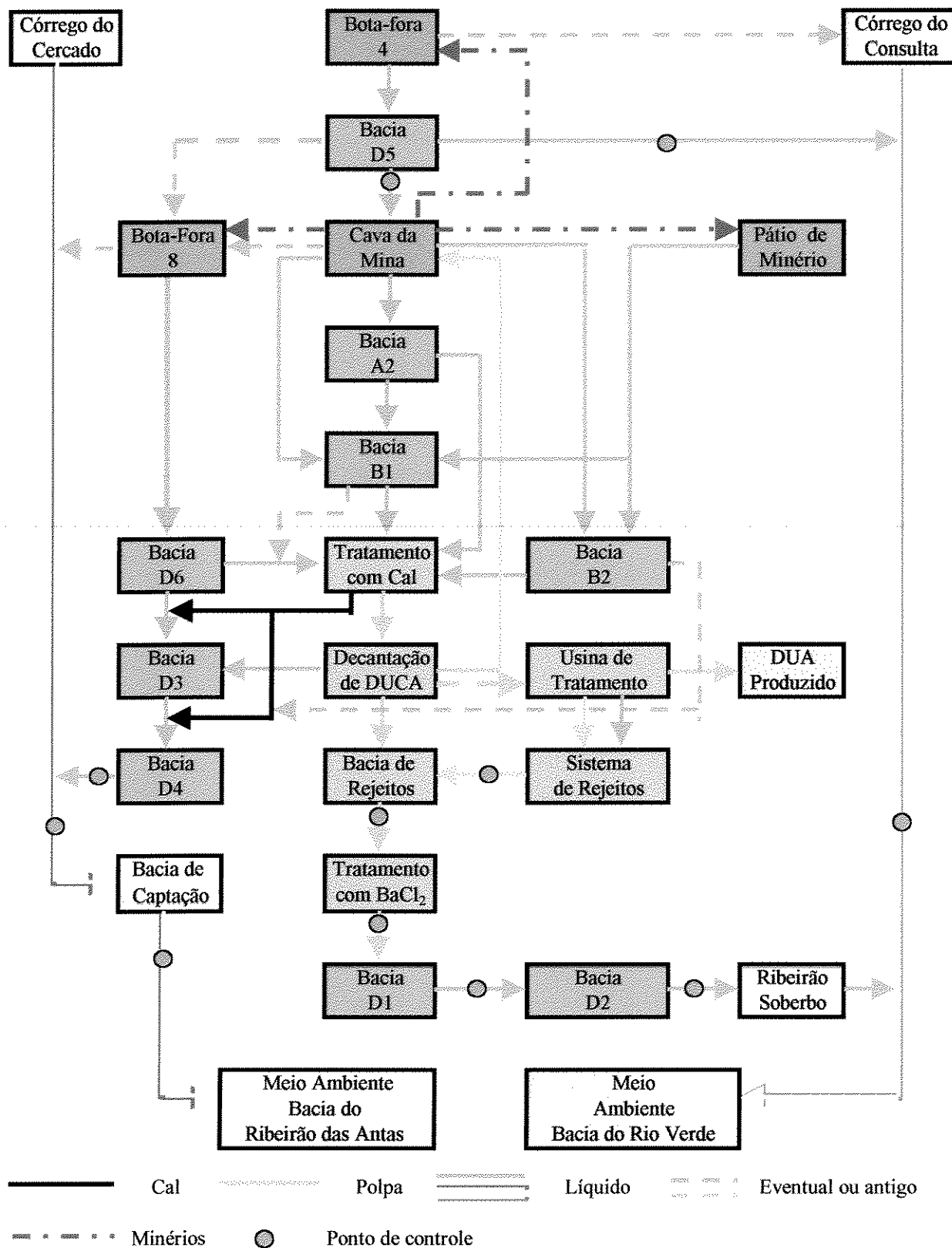
Os custos de implantação do empreendimento totalizaram US\$ 230 milhões, contabilizados em 1982, distribuídos entre obras civis e decapagem da mina (US\$ 120 milhões) e construção da usina (US\$ 110 milhões) (TAVARES, 2002).



**Figura 5.3. Arranjo Físico do Complexo Mínero-Industrial do Planalto de Poços de Caldas**

Fonte: INB





**Figura 5.4. Fluxograma do Gerenciamento de Rejeitos Líquidos e Sólidos no CIPC**

### 5.1.1. Principais Eventos Históricos

A jazida de urânio do Campo do Cercado foi descoberta em 1970 e em 1976 a Nuclebras, empresa estatal titular da jazida na época, contratou a empresa francesa Uranium Pechiney Ugine Kuhlman (UPUK) para executar o projeto básico da mina e da usina do CIPC, para a produção de 425 tU/ano, durante 10 anos. Em 1977 teve início a decapagem da mina, com remoção de 5 milhões m<sup>3</sup> de material e em setembro de 1979 tiveram início as obras civis e montagem da instalação. Os testes pré-operacionais foram realizados a partir de setembro de 1981 e a operação comercial iniciou em fevereiro de 1982. A instalação funcionou de modo descontínuo devido a uma série de dificuldades atribuídas ao pouco conhecimento das características do minério e, em outubro de 1995, houve a paralisação definitiva das atividades de lavra. Em dezembro do mesmo ano foram paralisadas as atividades de tratamento químico de minério de urânio, tendo-se obtido uma produção total de 1.030 tU.

A partir dessa data a INB vem procurando dar alguma utilidade às instalações do CIPC. Em 1997 foi experimentado um processo de tratamento conjunto de minério com torta II, visando a recuperação do tório e urânio contidos. O CIPC tem em estoque 8.000 t, na base seca, desse material, aguardando para ser processado. Desde 1998 está em licenciamento um processo para produção de terras raras a partir da monazita, usando ácido sulfúrico. É também interesse da INB processar outros tipos de concentrados de minérios que contenham espécies radioativas associadas tais como a columbita e zirconita, além de outros concentrados contendo terras raras. A tomada de decisão para solicitar a licença para o descomissionamento vem sendo adiada em função das indefinições no licenciamento dos processos listados acima. O Ibama condicionou o licenciamento destas novas atividades industriais ao início da remediação das áreas da minas, bota-foras e usina do CIPC e a CNEN exigiu a construção de novo sistema de gerenciamento de rejeitos como condicionante para a licença de novas atividades no local e cujo processo de licenciamento foi iniciado em 2002. Uma cronologia do desenvolvimento do empreendimento é apresentada a seguir.

1948 - Técnicos do DNPM detectam radioatividade em minerais de zircônio no Planalto de Poços de Caldas.

1952 - Técnicos do USGS constataam a presença de urânio no caldasito - mineral de zircônio que ocorre no Planalto de Poços de Caldas.

1959 - A CNEN inicia a construção de uma usina no município de Poços de Caldas, para a produção de concentrado de urânio a partir do tratamento físico - químico do caldasito.

1961 - Paralisação da construção da usina de caldasito em virtude de insuficiência de reservas e problemas no processo de tratamento.

1965 - Descoberta, no município de Poços de Caldas, da jazida de urânio associado a molibdênio, denominada de Campo do Agostinho.

1970 - Descoberta da jazida de urânio do Campo do Cercado, no município de Caldas, que deu origem ao CIPC.

1971 - O governo federal cria a CBTN, ligada ao Ministério de Minas e Energia, com o objetivo de reunir, em uma única empresa, todas as atividades tecnológicas pertinentes.

1974 - Início da abertura da galeria de pesquisa C-09, no Campo do Cercado.

1974 - Inaugurada a Usina Piloto de Poços de Caldas, atual Laboratório de Poços de Caldas, com o objetivo de levantar e confirmar os parâmetros de processo e de engenharia para o projeto do CIPC.

1975 - Como consequência do Acordo Nuclear Brasil - Alemanha, a CBTN foi transformada na Empresas Nucleares Brasileiras S/A (Nuclebras), empresa *holding* do setor nuclear brasileiro.

1976 - A Nuclebras contratou a firma francesa UPUK para executar o projeto básico de uma mina e usina do CIPC, visando a produção de 425 tU/ano na forma de DUA, durante 10 anos.

1977 - Criada a reserva de minérios nucleares do país. Uma das áreas de reserva é a do Planalto de Poços de Caldas.

1977 - Início da etapa de decapagem da mina.

1979 - Em setembro, início das obras civis e montagem eletro-mecânica das instalações de tratamento físico-químico do CIPC.

1981 - Em setembro, início dos testes pré-operacionais das instalações industriais do CIPC.

1982 - Inauguração oficial do CIPC.

1982 - Início da transferência de torta II e mesotório, produzidos na Nuclemom em São Paulo para o CIPC.

1982 - Em maio, início da produção de ácido sulfúrico concentrado no CIPC.

1988 - A Nuclebras e algumas de suas subsidiárias são extintas, dentro de um programa do governo federal de reorganização do setor nuclear brasileiro. Para substituir a Nuclebras, foi criada a Indústrias Nucleares do Brasil S.A., com apenas duas subsidiárias: a Nuclebras Mínero-Química S. A.

(Nuclemon), que herdou o patrimônio e as atividades da antiga Nuclemon, e a Urânio do Brasil S. A. que incorporou todas as atividades de pesquisas e produção de concentrados de urânio e/ou tório e de outros materiais associados, da extinta Nuclebras, incluindo o CIPC.

1990 - Foi desenvolvido o primeiro processamento experimental de torta II, visando a recuperação de urânio e tório.

1992 - Em junho, paralisação total das atividades de lavra e tratamento químico da monazita na Nuclemon. O mercado brasileiro de compostos de terras raras ficou totalmente dependente da importação desses produtos.

1994 - Extinção das subsidiárias Nuclemon e Urânio do Brasil, com os respectivos patrimônios incorporados pela INB.

1995 - Elevação da altura do vertedouro da barragem de rejeitos, aumentando a capacidade da bacia de rejeitos.

1995 - Em outubro e dezembro, paralisação definitiva das atividades de lavra e tratamento, respectivamente, do minério de urânio do CIPC.

1996 - Montagem de novos equipamento e adaptação das unidades industriais do CIPC para o beneficiamento da torta II em consórcio com o minério de urânio.

1997 - Em fevereiro, início das atividades de tratamento conjunto da torta II com minério de baixo teor em urânio no CIPC, paralisadas em novembro do mesmo ano.

1998 - Conclusão do desenvolvimento de processo, projeto básico, adaptações e montagens eletromecânicas para o tratamento químico da monazita nas unidades industriais do CIPC.

1998 - A INB solicita a licença para operação do tratamento químico da monazita. A CNEN autoriza apenas uma operação experimental para tratamento total de 400 t de monazita para que a empresa possa confirmar parâmetros de processo.

1998 - Conclusão do desenvolvimento de processo e projeto para o tratamento químico da columbita, gerada pela empresa Mamoré Mineração e Metalurgia Ltda., em sua mina de Pitinga, Estado do Amazonas, para a produção de compostos de alta pureza de nióbio e tântalo, além de concentrados dos elementos tório e urânio, que se encontram associados a esse minério (o processo de licenciamento deste projeto junto à CNEN ainda não foi iniciado).

1998 - Conclusão de projeto de transferência de licor ácido, contendo urânio solúvel sob forma de sulfato de urânio, gerado pelo Complexo Industrial de Caetité (CIC), Estado da Bahia, para as

instalações do CIPC, onde será realizada a purificação e produção do concentrado seco de urânio, na forma de DUA (o processo de licenciamento deste projeto junto à CNEN ainda não foi iniciado).

1998 - Início da deposição de DUCA na cava da mina.

2000 - Início da transferência de concentrado de monazita de Buena – RJ para o CIPC.

2002 - A instalação permanece parada, aguardando a licença do Ibama para o tratamento das químico das 400 t de monazita.

### 5.1.2. Geologia

A descrição da Geologia da mina de urânio do CIPC apresentada nesta tese é extraída do trabalho de SCHORSCHER e SHEA (1991) que é uma revisão da literatura dos estudos de Geologia e da Geomorfologia da região e do Relatório Ambiental anexo ao pedido de licença de operação junto ao Ibama para o CIPC, que também apresenta uma revisão da literatura (INB, 1999).

A mina do Campo do Cercado, denominada Mina Osamu Utsumi, localiza-se dentro de uma zona afetada pelos processos de reativação vulcânica ocorridos durante a colocação do maciço. A região é ocupada por diversos tipos de nefelina - sienitos, sendo possível observar-se a efetiva atuação dos processos de alteração hidrotermal sobre a litologia local e promovendo uma acentuada concentração de minérios metálicos (sulfetos), minerais de urânio e molibdênio, além de forte enriquecimento potássico. A mina está geologicamente localizada na borda de uma intrusão sienítica secundária, ocupando área de 200 ha e a mineralização de urânio foi dividida em três corpos distintos denominados operacionalmente, corpos A, B (B+ e B-) e E. A formação dos depósitos é relacionada ao *emplacement* de um corpo sienítico (foiaito) intrusivo em rochas hospedeiras tinguafticas. A colocação desse corpo de foiaito foi seguida por atividades explosivas que afetaram substancialmente as rochas hospedeiras formando grandes pacotes de brechas de caráter essencialmente vulcânico.

O processo de intrusão/explosão/brechação é complexo. Ele envolve fortes alterações de pressão e temperatura e associa-se ainda à emissão de lavas, gases e soluções termais, o que resulta em brechas de diversas feições estruturais, intimamente correlacionadas. As rochas da mina foram invadidas por soluções hidrotermais carregadas de urânio e outros elementos. De modo geral, tais soluções sofreram um deslocamento vertical, de baixo para cima, percolando rochas que, de alguma forma, oferecem boas condições de permeabilidade, que é alta nos corpos de brechas. Em consequência

desse efeito, a matriz dos corpos brechados foi totalmente impregnada de urânio, molibdênio e outros elementos químicos. Reconcentrações de natureza secundária, correlacionadas ao avanço descendente de soluções intempéricas oxidantes são detectadas ao longo de regiões próximas à superfície. Essas reconcentrações são desenvolvidas a partir de solubilização e reprecipitação de urânio em ambientes favoráveis à ocorrência do processo. Tal fenômeno pode ser observado afetando todo o depósito e é mais expressivo nas rochas encaixadas não brechadas, dispostas ao redor dos corpos de brechas. Esse tipo de mineralização uranífera é expressa como uma concentração secundária de óxidos de urânio ( $\text{UO}_2$ ,  $\text{UO}_3$ ) ainda incorretamente definidos como pitchblenda. Em muitos casos os minerais de urânio são acompanhados por minerais de zircônio e molibdênio, fluorita e, mais raramente, esfalerita e galena.

O processo de alteração hidrotermal pode ser observado na totalidade do depósito, atuando sobre todas as litologias encontradas, indistintamente. Aí, a alteração observada é do tipo envolvente e uniforme das rochas. A mineração de alteração é coincidente com a mineralogia predominante do depósito e é constituída por feldspatos potássicos e sericita. A sericita ocorre na forma cristalina e é encontrada substituindo a nefelina. Pirita e fluorita são encontradas disseminadas na rocha sendo comum sua ocorrência na forma de cristais diminutos, encontrados como preenchimento de cavidades ou vesículas ou ainda disseminadas na matriz das brechas. Associados a esses minerais, encontra-se também como um produto de origem hidrotermal, grandes quantidades de caolins que ocupam fraturas e cavidades na rocha.

Como critérios de formação do depósito de urânio é possível a distinção de três tipos básicos de controle de mineralização: químico, litológico e tectônico. Para tornar mais simples a compreensão do depósito, os diferentes tipos de mineralizações foram reunidos em dois tipos: mineralizações do tipo primário, ligadas aos fenômenos de percolação de soluções hidrotermais e mineralizações do tipo secundário, ligadas ao avanço *par-descensum* de uma frente de oxi-redução.

O corpo A foi descrito como sendo estruturalmente constituído por uma brecha vulcânica monogênica, sendo seus elementos formados por fragmentos da rocha encaixante tinguaitica com formatos normalmente angulosos. A matriz é similar ao corpo B, constituída por massas tinguaiticas/fenolíticas onde o feldspato potássico e a sericita são minerais dominantes. São comuns as impregnações de pirita, fluorita, minerais de urânio, molibdênio e zircônio. Nas brechas temos a ocorrência de caolins. O teor médio no corpo era de 600 ppm de U. O corpo B foi descrito como um corpo de minério constituído, basicamente, por uma volumosa massa de brechas, dispostas na forma de

*pipe* e tem sua origem aliada à intrusão sienítica que se observa na área da mina. As brechas se caracterizam por uma estrutura poligênica com elementos oriundos da fragmentação das rochas encaixantes e da intrusiva foiáitica. A matriz mostra uma textura tinguaitica contrastante constantemente impregnada por produtos hidrotermais tais como pirita, fluorita, minerais de urânio, molibdênio e zircônio. Em pequenas, quantidades é possível encontrar-se galena, esfalerita e alguma barita. O urânio aí é de natureza primaria mas pode-se encontrar algumas zonas com presença de urânio como produto de reconcentração secundária. O teor médio do corpo B era de 680 ppm de U. O corpo E constituía um pacote de rochas encaixantes não brechadas onde são encontradas expressivas reconcentrações secundárias de urânio. A litologia dominante é formada por tinguaitos/fonolitos extremamente fraturados e fortemente afetados pela alteração hidrotermal. A migração das soluções carregadas de urânio formadas pelo avanço *par-descensum* da frente de oxi-redução atua em toda a mina. Abaixo da zona oxidada, o urânio se deposita em pontos com porosidade elevada. O teor médio é de 1.000 ppm de U.

### 5.1.3. Lavra e Tratamento Físico do Minério

A área reservada para a mina era de 200 ha tendo sido previsto que a área da cava da mina no término da vida útil seria de 100 ha. Inicialmente foi prevista escavação da ordem de 85 milhões m<sup>3</sup> para produzir 5.100 tU. Em 1983, foi feita uma reavaliação da jazida e o projeto de lavra foi redefinido, prevendo-se uma redução da escavação para aproximadamente 58 milhões m<sup>3</sup>. O teor de corte da mina foi definido em 170 ppm de urânio solúvel na usina e todo material lavrado, com teor inferior a isso é considerado como estéril, vindo a se constituir no rejeito sólido da mina.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> O conceito de urânio solúvel usado para o empreendimento é uma das dificuldades decorrentes do pouco conhecimento do minério na época do projeto, que levaram à baixa produção do empreendimento. De acordo com esse conceito, somente seria alimentado na usina, minério que apresentasse uma solubilidade de urânio, nas condições do processamento hidrometalúrgico, superior a 170 ppm de U, teor mínimo calculado com base numa avaliação econômica do processo. Este conceito foi desenvolvido após o início da operação, porque grande parte do urânio dos corpos A e B estava no retículo cristalino do mineral de zircônio e não era acessível ao ácido usado para sua solubilização. Para nós isto levou a descartar para os bota-foras e a bacia de rejeitos quantidades de urânio maiores que as previstas no projeto. Na prática significou processar um minério com teor menor que o previsto.

A lavra foi feita a céu aberto, usando-se alturas de bancada de 4 m, em blocos de 5m x 5m x 2m. A escavação foi feita em duas etapas de 20 m cada uma (40m x 20m x 4m). A altura dos taludes entre as bermas é de 16 m e a largura das bermas de segurança é entre 5 e 6m.

O minério lavrado era estocado no pátio de alimentação do britador primário. O pátio é revestido com argila compactada recoberta por material siltoso para permitir o tráfego de caminhões e pás carregadeiras. O material estéril era encaminhado até o local previsto para sua deposição e disposto em pilha a céu aberto, chamada de bota-fora.<sup>25</sup>

O minério alimentava o britador primário que reduzia o material a uma granulometria menor que 25 cm que era empilhado com *staker* no pátio de estocagem do minério britado. A capacidade desse pátio era de 200 mil t de minério, divididas em 8 pilhas, classificadas de acordo com o teor de urânio solúvel. A retomada das pilhas para alimentar a usina era feita de modo a compor um *blend* de teor médio de 680 ppm de urânio solúvel, teor de alimentação da usina. A seguir o material era submetido a uma britagem secundária e depois passava por um moinho de barras sendo assim reduzido a uma granulometria abaixo de 14 *mesh tyler* (1,168 mm).

Na britagem secundária o minério recebia a adição de pirolusita, usada como agente de oxidação da polpa ácida e, rocha fosfática, usada para precipitar o zircônio dissolvido na lixiviação. No projeto inicial estava prevista a adição na polpa, após a etapa de moagem, do Duca produzido no tratamento das águas coletadas do pátio de minério mas, devido à grande produção desse material e à operação descontínua da usina, esse material passou a ser descartado inicialmente para a bacia de rejeitos e depois para a cava da mina.

#### **5.1.4. Tratamento Químico do Minério**

O tratamento químico do minério era feito por lixiviação em 4 baterias de 10 tanques agitados cada uma, usando como solvente o ácido sulfúrico, numa relação de 70 a 150 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/t de minério, na temperatura de 70<sup>0</sup> C, durante 6 horas. A porcentagem de sólidos da polpa agitada era de 60 %.

---

<sup>25</sup> O termo bota-fora é usado indistintamente para o rejeito sólido da mina, para o material de decapagem como para as pilhas e o local onde estas pilhas estão depositadas.



A separação sólido-líquido após a lixiviação era feita por filtração em filtro tipo esteira a vácuo. Nesta etapa o resíduo era lavado com água para recuperação máxima do urânio que foi dissolvido e depois era repolpado e transferido para a estação de tratamento de rejeitos sólidos da usina. A lixívia era submetida a processos de clarificação para retirada das lamas finas que passaram pelos poros da lona do filtro e depois oxidada com clorato de sódio, estando pronta para alimentar a etapa de concentração do urânio. As lamas produzidas no clarificador eram também transferidas para a estação de tratamento de rejeitos sólidos da usina.

A concentração do urânio era feita por extração por solventes usando-se baterias de misturadores - decantadores, seguida de precipitação de um concentrado de DUA, conhecido internacionalmente como *yellow cake*, devido sua intensa cor amarelada. Finalmente o material era secado e embalado em tambores metálicos. O refinado aquoso da extração por solventes e a água mãe da precipitação do DUA, contendo traços de urânio eram enviados para a estação de tratamento de rejeitos líquidos da usina.

No projeto inicial estava prevista a extração e recuperação de molibdênio contido no refinado aquoso do urânio, como um subproduto mas, embora tivesse sido construída uma unidade industrial para esse fim no CIPC, ela nunca funcionou.

Os gases produzidos na etapa de lixiviação eram lavados com água e descartados para o meio ambiente. As águas de lavagem dos gases eram também transferidas para a estação de tratamento de rejeitos líquidos da usina. Os gases coletados na etapa de secagem e embalagem de DUA eram filtrados em filtros de manga, antes de serem descartados para a atmosfera.

### **5.1.5. Gerenciamento de Rejeitos**

#### **5.1.5.1. Rejeitos da Mina**

Os bota-foras existentes na instalação são identificados como: BF 1A e BF 1B, BF 3 e BF 3A, BF 4A, BF 4B, BF 4C, BF 4D e BF 4E, BF 7, BF 8N/A, BF 8NB e BF 8S. Foi feita também a deposição de material no interior da cava da mina. Para os bota-foras estava prevista no projeto uma área de 140 ha. Os principais bota-foras sob ponto de vista da proteção do meio ambiente são o BF 4, que ocupa uma área de 56,9 ha e contém 12,4 milhões m<sup>3</sup> de estéril, com altura de talude de 90 metros

e inclinação de 70 graus e o BF 8 que ocupa uma área de 64,4 ha e contém 15,0 milhões m<sup>3</sup> de estéril. Na Tabela 5.2, são apresentadas as quantidades de material deposto nos bota-foras, suas áreas e origem de material. A diferença entre a quantidade total de material retirado da mina e a quantidade total de material deposto nos bota-foras deve-se ao uso de material de decapagem da mina para construção de plataformas, vias de acesso e aterros. Na Figura 5.4 temos um fluxograma do gerenciamento de rejeitos do CIPC.

Embora tenham sido desenvolvidos estudos sobre a estabilidade das pilhas de bota-fora e sobre a fundação nas áreas de deposição, que indicaram não haver problemas de ruptura nem feições geológico-geotécnicas insatisfatórias que viessem promover instabilidades e rupturas do aterro (IPT, 1984; WIKMAN, 1998), os bota-foras foram construídos sem qualquer preparação dos terrenos e, coincidência ou não, os bota-foras 4 e 8, constituídos por minério de baixo teor de urânio, foram depositados sobre o vale e leito do córrego da Consulta e do córrego do Cercado, respectivamente. Devido à técnica usada para a deposição do material nos bota-foras, disposição em camadas horizontais ou em "ponta de aterros" os mesmos possuem em sua base canais de drenagem formados pelos matacões de rocha que rolaram até a base das pilhas.

No início da operação o rejeito líquido da mina era transferido por bombeamento até um canal construído no BF 8 e através desse era lançado no córrego do Cercado, sem nenhum tratamento. As drenagens ácidas do bota-fora eram misturadas com água da mina. A drenagem ácida do BF 4 era lançada no córrego do Consulta.

Logo que a CNEN constatou o problema, exigiu a construção de bacias de captação das águas da mina e dos bota-foras, o tratamento destas águas para neutralizar a acidez e precipitar os radionuclídeos e metais pesados e a decantação dos sólidos em suspensão, antes do lançamento das mesmas para o meio ambiente. O Duca produzido no tratamento das águas passou a ser deposto na bacia de rejeitos. As providências foram tomadas em 1983. Por iniciativa da Nuclebras, os leitos dos córregos da Consulta e do Cercado que estavam sob os bota-foras foram desviados, respectivamente em 1982 e 1985. Em 1989, foi construída a bacia para captação de águas de drenagem ácida do BF 4 - Bacia D5. As águas captadas passaram a ser bombeadas para a cava da mina, diminuindo ainda mais a concentração de U, Al e Mn, lançados no córrego do Consulta. PRADO et al (1993) analisaram o tratamento das águas ácidas dos bota-foras e concluíram que qualquer interrupção do tratamento provocava imediato aumento da concentração de poluentes lançados para o meio ambiente aquático.

Também foram construídas as bacias D3, D4 e D6 para captação de águas de drenagem ácida do BF 8, as quais são bombeadas diretamente para a estação de tratamento de efluentes marginais.

**Tabela 5.2. Características dos Bota-foras do CIPC**

<b>Bota-fora</b>	<b>Volume (1000 m<sup>3</sup>)</b>	<b>Massa <sup>a</sup> (1000 t)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Origem Predominante do Material</b>
BF 1	4. 400	8.800	25,5	Decapagem
BF 3	9. 800	19.600	20,5	Decapagem
BF 4	12. 400	24.800	56, 9	Decapagem e Triagem do Corpo B
BF 7	2.400	4.800	5,3	Decapagem
BF 8	15.000	30.000	64,4	Decapagem e Triagem dos Corpos A e E
BF - Cava da Minas	560	1.120		Triagem do corpo E
<b>Total</b>	<b>44.560</b>	<b>89.120</b>	<b>172, 6</b>	

Fonte: WIIKMAN, 1998. Adaptado pelo Autor. a = estimado, usando densidade de 2 t/ m<sup>3</sup>.

O rejeito líquido da mina também é transferido para a estação de tratamento de efluentes marginais. Nesta estação é feita a adição de cal para elevar o pH acima de 10, garantindo assim a precipitação do Mn na forma de pirolusita juntamente com os hidróxidos de metais pesados e radioativos e sulfato de cálcio. A seguir é feita separação sólido/líquido usando um espessador. Para acelerar a decantação dos sólidos é feita a adição de floculante. As lamas espessadas, que são bastante volumosas e apresentam porcentagem de sólido na ordem de 5%, devem, por exigência da CNEN, ser retidas na instalação. Os líquidos tratados são lançados nas bacias de decantação D3 e D4 onde recebem a adição de mais leite de cal, para garantir a neutralização das águas de surgência do BF 8 que não são captadas. Os transbordos das bacias D3 e D4 são lançados no córrego do Cercado

Até 1998, as lamas produzidas no tratamento foram depositadas dentro da bacia de rejeitos, sendo responsáveis pelo enchimento da mesma e após esta data a CNEN autorizou que a deposição fosse feita dentro da cava da mina. A grande quantidade de lama é a principal dificuldade do gerenciamento de rejeitos da instalação. Não devemos nos esquecer do ditado de quem trabalha no

gerenciamento de minas: “*Quando uma mina apresenta drenagem ácida, as lamas produzidas em seu tratamento, um dia acabam enchendo todos os locais disponíveis para sua deposição*”. Portanto, a solução é a minimização da quantidade de águas ácidas geradas através de ações sobre os bota-foras e cava da mina.

Os volumes de água ácidas tratadas no CIPC de 1994 até 2001, o consumo e custo dos reagentes usados no tratamento são apresentados na Tabela 5.3.

Para prevenir a formação de gases e poeira contendo urânio e seus filhos na mina, foram desde o início da operação, utilizados sistemas de perfuração a úmido para minimizar a exposição dos trabalhadores. O radônio liberado com os furos de sondagem, desmonte de rochas e nas superfícies expostas, era disperso naturalmente no ar.

#### **5.1.5.2. Rejeitos da Usina**

O rejeito sólido da lixiviação e as lamas do clarificador que chegavam à estação de tratamento de rejeitos sólidos eram bastante ácidos. Na estação era feito, inicialmente, tratamento com calcário, e depois com cal, em tanques agitados. O projeto inicial previa que o pH final do tratamento seria igual a 8,0 mas, após ser constatado sua elevada concentração de  $Mn^{2+}$ , o pH final do tratamento passou para 10, propiciando assim a oxidação e precipitação dessa espécie química na forma de pirolusita. Depois do tratamento a polpa de rejeitos sólidos era deposta na bacia de rejeitos.

Os rejeitos líquidos da extração por solventes e das torres de lavagem de gases também eram bastante ácidos. Além desses rejeitos era tratada também a água de lavagem do solvente orgânico além de outras águas de vazamento, lavagem de chão etc. Na estação de tratamento de rejeitos líquidos, recebiam o mesmo tipo de tratamento dos rejeitos sólidos e a polpa formada era também desposta na bacia de rejeitos.

**Tabela 5.3. Volumes de Águas Ácidas Tratadas no CIPC, Consumo e Custo dos Insumos Usados no Tratamento no Período de 1994 até 2001**

<b>Estação de Tratamento de Águas Marginais - Área 440</b>							
<b>Ano</b>	<b>Volume Tratado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo Anual e Custo dos Insumos</b>					
		<b>Cal Hidratada</b>			<b>Floculante</b>		
		<b>(t)</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(US\$)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(g/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(US\$)</b>
1994	1.155.510	2.358	2,04	109.175	5.939	5,14	22.568
1995	2.164.110	4.700	2,17	217.610	na	na	na
1996	1.659.000	4.050	2,44	187.515	2.060	1,20	7.828
1997	1.094.050	3.520	3,22	162.976	1.513	1,38	5.749
1998	1.163.670	2.573	2,21	119.130	1.770	1,52	6.726
1999	1.232.616	2.249	1,82	104.129	2.940	2,38	11.172
2000	1.604.546	2.907	1,81	134.594	1.220	0,76	4.636
2001	1.414.851	1.966	1,39	91.025	1.787	1,26	6.791
<b>Estação de Tratamento de Rejeitos da Usina - Áreas 540/570/580</b>							
<b>Ano</b>	<b>Volume Tratado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo Anual e Custo dos Insumos</b>					
		<b>Cal Hidratada</b>			<b>Cloreto de Bário</b>		
		<b>(t)</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(US\$)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(g/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(US\$)</b>
1994	1.104.300	3.297	2,99	152.651	10.130	9,2	8.306
1995	1.782.400	3.004	1,68	139.085	7.550	4,2	6.191
1996	1.668.800	316	0,19	14.631	12.050	7,2	9.881
1997	1.022.500	516	0,50	23.891	8.180	8,0	6.707
1998	746.370	427	0,57	19.770	7.550	10,1	6.191
1999	541.039	247	0,46	11.436	3.180	5,9	2.607
2000	743.400	434	0,58	20.094	4.129	5,5	3.385
2001	254.000	96	0,21	4.445	1.619	3,5	1.327

Fonte: INB

Na bacia de rejeitos o material sólido era decantado, ficando retido. O líquido escapa por transbordo, através de um vertedouro, e passa por uma chicana onde recebe a adição de solução de cloreto de bário para co-precipitar o rádio como Ba(Ra)SO<sub>4</sub>. Após passar pelos tanques de decantação as águas vão sequencialmente para as bacias de decantação D1 e D2 projetadas para garantir a

decantação dos sólidos em suspensão e daí são lançadas para o meio ambiente, no ribeirão Soberbo. Na etapa de lixiviação a pirita é apenas parcialmente oxidada e por isso o rejeito sólido é rico desse mineral, que uma vez na bacia de rejeitos, acaba sendo oxidado pela ação do oxigênio do ar produzindo ácido sulfúrico, responsável pela acidulação das águas. Este fato exige a adição de cal na bacia de rejeitos para garantir a neutralização do efluente descartado para o meio ambiente. Periodicamente os precipitados de  $Ba(Ra)SO_4$  acumulados nos tanques de decantação são transferidos de volta para a bacia de rejeitos.

Além desses rejeitos são produzidos entulhos de reformas das construções da usina, lonas de filtros que foram substituídas, ferro velho e borra de enxofre da fábrica de ácido sulfúrico. Os rejeitos que contêm material radioativo e cuja descontaminação é considerada desinteressante do ponto de vista econômico são depositos ao lado da bacia de rejeitos. Desses, o de mais difícil gerenciamento é a borra de enxofre que produz drenagem ácida.

#### **5.1.5.3. Outros Rejeitos**

Além dos depósitos de rejeitos da mina e da usina, existem no CIPC mais 3 trincheiras onde estão depositos, em aterros próximos da superfície, resíduos de processamento da monazita, produzido pela Nuclemon em São Paulo, resíduos do processamento da torta II realizado em 1990 e minérios radioativos. Estes rejeitos não têm origem no minério da região mas foram transferidos para o CIPC para processamento e recuperação de U e Th ou para estocagem, devido as condições de segurança existentes na instalação. Todos estes depósitos estão construídos em solo argiloso, na área de drenagem a montante da bacia de rejeitos, como garantia contra possíveis infiltrações.

#### **5.1.6. Monitorações e Controles**

Para manter a sua licença de operação, a empresa operadora do CIPC deve manter um Serviço de Radioproteção (SR) e desenvolver diversos planos de monitoração, controle e proteção, conforme apresentados no Quadro 5.1. Esses planos, em função do desenvolvimento da operação e de necessidades de alteração do processo são revisados e submetidos à CNEN. Também, nenhuma alteração significativa do processo pode ser posta em prática sem a aprovação prévia da CNEN. A

estrutura e as atividades dos SR são definidas pela Norma CNEN-NE-3.02 - Serviços de Radioproteção. O SR é coordenado por um Supervisor de Radioproteção credenciado pela CNEN, cujas responsabilidades são definidas na Norma CNEN-NE-3.01- Diretrizes Básicas de Radioproteção. No Apêndice D é apresentada a lista de normas da CNEN aplicadas para regulação e controle da indústria mineral do urânio.

Em cumprimento ao Plano de Monitoração Ambiental (PMA) da instalação, o SR executa medidas de radiação gama externa, de concentração de atividade de radionuclídeos específicos em amostras de águas de superfície e subterrânea, ar, aerossol, solo, sedimentos, produtos agropecuários (legumes, verduras, grãos, frutas, carne, leite, ovos) peixes e pasto dentro da instalação e num raio de até 30 km, atingindo assim as cidades próximas à instalação. A frequência de coleta e as espécies determinadas variam em função dos tipos de material amostrado. Estes dados são usados para a estimativa de doses de radiação para o público e para os trabalhadores. Paralelamente, o IRD desenvolve um outro PMA semelhante, o que lhe permite comparar os resultados apresentados pelo operador em seus relatórios de monitoração ambiental apresentados em períodos definidos pela CNEN. Além desse controle, o operador dispõe dos resultados do controle operacional das diferentes áreas da instalação. O SR da instalação nesse caso trabalha praticamente como um auditor da operação, constatando e documentando as falhas operacionais que possam levar ao aumento da concentração de poluentes lançados no meio ambiente.

Um outro plano de monitoração desenvolvido pelo SR é o Plano de Proteção Radiológica Ocupacional (PPRO), através do qual o operador garante a proteção dos trabalhadores, minimizando a sua exposição à radiação ionizante. De acordo com este plano, qualquer atividade com material radioativo a ser iniciada dentro da instalação necessita de uma Licença de Trabalho com Radioatividade (LTR), na qual o operador recebe instruções e fica ciente dos cuidados que deve tomar e dos equipamentos de proteção que deve usar durante a execução daquela ação. Em cumprimento a esse plano, o SR mantém atualizadas as medidas de nível de radiação externa e concentração de radionuclídeos no ar dentro dos prédios de toda a instalação estando ou não a usina em operação. Estes valores também são usados para a estimativa de doses dos trabalhadores.

A descrição dos demais planos é considerada irrelevante para os objetivos desta tese.

**Quadro 5.1. Processo Geral para Concessão de Licenças e Autorizações de Minas e Usinas de Tratamento de Minérios de Urânio e Tório pela CNEN**

<b>Ações</b>	<b>Normas</b>
<b>Aprovação do Local - para abertura e lavra da mina e / ou construção da usina</b>	
<b>Documentos Necessários:</b> Requerimento, acompanhado do Relatório do Local contendo informações sobre: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geografia (mapas e plantas)</li> <li>• Demografia (com hábitos sócio-econômicos da região)</li> <li>• Geologia regional e local, e características geotécnicas</li> <li>• Sismologia</li> <li>• Hidrologia de superfície e de subsuperfície</li> <li>• Meteorologia</li> <li>• Ecologia com avaliação do possível impacto radiológico</li> </ul>	CNEN-NE-1.04 CNEN-NE-1.10 CNEN-NE-1.13
<b>Licença de Construção - total ou parcial</b>	
<b>Documentos Necessários:</b> Requerimento acompanhado de Relatório Preliminar de Análise de Segurança ( RPAS) contendo informações sobre a instalação mais: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plano de Desenvolvimento da Mina</li> <li>• Plano de Proteção contra Incêndio, Inundações, Desabamentos e Explosões</li> <li>• Plano de Radioproteção Ocupacional</li> <li>• Plano de Radioproteção Ambiental</li> <li>• Plano de Segurança Física</li> <li>• Plano de Garantia de Qualidade</li> <li>• Descrição do Projeto Conceitual da Usina com Fluxogramas</li> <li>• Descrição do Sistema de Gerenciamento de Rejeitos</li> </ul>	CNEN-NE-1.04 CNEN-NE-1.10 CNEN-NE-1.13 CNEN-NE-2.01 CNEN-NE-3.01 CNEN-NE-3.02
<b>Autorização para Utilização de Material Nuclear - AUMN</b>	
<b>Documentos Necessários:</b> Requerimento Concedida após a comprovação de que a mina e/ou usina estiver pronta para utilizar material nuclear e que as exigências da CNEN foram atendidas	CNEN-NN-2.02
<b>Autorização para Operação Inicial - AOI</b>	
<b>Documentos Necessários:</b> Requerimento acompanhado de Relatório Final de Análise de Segurança (RFAS) contendo informações sobre a instalação mais: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultados de Testes Pré-operacionais</li> <li>• Plano de Desenvolvimento da Mina</li> <li>• Plano de Proteção contra Incêndio, Inundações, Desabamentos e Explosões</li> <li>• Plano de Radioproteção Ocupacional</li> <li>• Plano de Radioproteção Ambiental</li> <li>• Plano de Segurança Física</li> <li>• Plano de Garantia de Qualidade</li> <li>• Descrição do Projeto Conceitual da Usina com Fluxogramas</li> <li>• Descrição do Sistema de Gerenciamento de Rejeitos</li> </ul>	CNEN-NE-1.04 CNEN-NE-1.10 CNEN-NE-1.13 CNEN-NE-2.01 CNEN-NE-3.01 CNEN-NE-3.02
<b>Autorização para Operação Permanente - AOP</b>	
<b>Documentos Necessários:</b> Requerimento acompanhado de Relatório Final de Análise de Segurança (RFAS) contendo as adaptações necessárias e exigidas	CNEN-NE-1.13



## **5.2. Pesquisas e Ações Relacionadas à Proteção Ambiental**

As anomalias radioativas do Planalto de Poços de Caldas têm despertado o interesse de centenas de pesquisadores, originando estudos de caracterização principalmente nos campos da Física, Química, Geologia, Radiologia e Biologia. Em função dos estudos desenvolvidos para a realização desta tese, está sendo desenvolvido no Laboratório de Poços de Caldas um projeto que visa recuperar e classificar o acervo científico originado por estes estudos.

Sem a intenção de apresentar uma revisão bibliográfica sobre o assunto, destacamos alguns dos trabalhos que permitem visualizar a evolução das preocupações com a proteção do meio ambiente e da população da região, contra os possíveis impactos da implantação do CIPC.

### **5.2.1. Pesquisas e Ações Desenvolvidas pelo Operador da Instalação**

Sobre o levantamento das pesquisas e ações desenvolvidas pelo operador da instalação, apresentadas nesta tese devemos ressaltar que a maioria das evoluções e melhorias verificadas são documentadas e executadas no dia-a-dia da instalação, sem que sejam disponibilizadas para o público. Falamos isso para não cometermos a injustiça de não apresentar alguma providência que tenha sido fundamental para a proteção dos trabalhadores e do meio ambiente.

#### **5.2.1.1. Pesquisas**

Analisando os possíveis impactos ambientais decorrentes da operação futura do CIPC, NÓBREGA (1978), alertou para possíveis problemas ambientais na mina a céu aberto e nos bota-foras uma vez que as águas bombeadas da galeria de pesquisa C-09 para o meio ambiente apresentaram nos anos de 1976 e 1977, pH em torno de 3,5 e atividades de 74 Bq/l e até 20 Bq/l para urânio solúvel e  $^{226}\text{Ra}$ , respectivamente, de acordo com dados dos relatórios anuais do IRD dos anos de 1976 e 1977. Essas águas eram lançadas no córrego do Cercado (AMARAL, 1979). O autor concluiu que o lançamento contínuo dessas águas no meio ambiente poderia representar um impacto radiológico ambiental comparável àquele resultante do lançamento no meio ambiente dos efluentes líquidos tratados da usina de tratamento químico, independente da lavra ser subterrânea ou a céu aberto. A possibilidade

de impacto ambiental não radioativo também foi analisada pelo autor, que alertou para a possibilidade dos teores de Ba, Pb, As, Mn, F, Fe e  $\text{SO}_4^{2-}$  ultrapassarem as concentrações máximas permissíveis para o consumo humano. Interessante destacar que embora tenha feita previsão correta de que os rejeitos da usina apresentariam drenagem ácida, aconselhando a sua deposição em bacia de rejeito, o autor não previu a mesma possibilidade para os bota-foras.

Logo no início da operação do CIPC, o material rochoso da decapagem da mina e as rochas de baixo teor foram depositos sobre áreas próximas à cava da mina sem preocupação com a preparação ou revestimento desses locais. As águas da área da mina tanto de chuva como subterrânea eram lançadas no ribeirão das Antas e o rejeito da usina, após tratamento, deposto na bacia de rejeitos. O efluente aquoso da bacia de rejeitos depois de tratamento com cloreto de bário era lançado no ribeirão Soberbo, um tributário da bacia do rio Verde (AMARAL et al, 1988). Avaliando os resultados dos primeiros 5 anos de monitoração, estes pesquisadores observaram que a concentração de  $^{226}\text{Ra}$  e  $^{238}\text{U}$  das águas liberadas para o meio ambiente da área dos bota-fora e da cava da mina eram maiores que daquelas liberadas pelo extravasor da bacia de rejeitos, que era a água produzida na operação da usina. No início da operação, o material dos bota-foras e a água da mina não foram considerados como um problema radiológico. Porém, nos primeiros dois anos de monitoração foi visto que estas atividades também deveriam ser objeto das considerações de proteção radiológica. Foi decidido, por exigência da CNEN, que estes efluentes também seriam tratados com cal e calcário. A medida foi implantada em meados de 1983, tendo sido verificada uma queda significativa nas concentrações daquelas espécies. Segundo AMARAL et al (1988), uma das dificuldades para perceber a ocorrência foi que a monitoração dos efluentes líquidos iniciou em 1982, quando da operação da usina e como os valores não aumentaram foi considerado que eles sempre foram elevados. O Plano de Monitoração Pré-operacional foi desenvolvido entre 1980 e 1982, mas a decapagem da mina havia iniciado em 1977. Os autores estimaram que a dose devido ao  $^{226}\text{Ra}$  e  $^{238}\text{U}$  da lixívia dos bota foras somava 0,59 mSv/ano o que indicava que as águas da mina e dos bota-foras contribuíam significativamente para os problemas de proteção radiológica durante a operação da CIPC embora a dose estimada estivesse abaixo do limite de 1 mSv/ano.

Entre 1983 e 1984 foram desenvolvidas pela Nuclebras diversas atividades visando a caracterização das fontes de drenagem ácida, das concentrações e do tratamento das águas marginais do CIPC (CIPRIANI e FUKUMA, 1984a; 1984b; 1985). Estes trabalhos foram encerrados com a

recomendação de medidas para minimização do volume de efluentes líquidos e da solubilização das espécies liberadas para o meio ambiente incluindo: construção de sistema de drenagem para os bota-foras facilitando o escoamento de águas e diminuindo a infiltração; revestimento das superfícies dos bota-foras e das áreas terraplenadas com vegetação adequada da própria região; desvio dos riachos sobre os quais estavam depostos os bota-foras; melhorias no sistema de captação de águas das chuvas; utilização das águas da mina no processo industrial; reavaliação do sistema de drenagem da cava da mina; consideração dos aspectos ambientais na seleção de novos locais para deposição dos bota-foras; avaliação das possibilidades de uso de camada composta de mistura de calcário, pirolusita e apatita para revestimento do terreno antes de depositar o material dos bota-foras e; realização de lixiviação em pilhas com o minério de baixo teor. Diversas das propostas tecnológicas foram estudadas no Laboratório de Poços de Caldas (FUKUMA et al, 1985; QUINELATO et al, 1985).

As medidas recomendadas para o tratamento dos efluentes da mina e dos bota-foras foram: neutralização com cal e tratamento com cloreto de bário; separação do efluente purificado dos sólidos produzidos na neutralização; utilização de resinas de troca iônica no tratamento de efluentes. Como recomendação final foram destacadas a importância e a oportunidade para que a Nuclebras desenvolvesse pesquisa tecnológica sobre o tratamento de efluentes de minas e usinas de urânio a ser iniciada com a composição de uma equipe de trabalho para desenvolver atividades em conjunto com entidades especializadas. Depois disso, foram avaliados no Laboratório de Poços de Caldas, vários processos de descontaminação de radio, urânio, manganês e flúor das águas marginais do CIPC, dentro do Programa de Avaliação de Alternativas de Tratamento de Efluentes Líquidos.

GARCIA JÚNIOR (1989), além de estudos de desenvolvimento de técnicas microbiológicas de isolamento, purificação, parâmetros fisiológicos e taxas de crescimento de *Thiobacillus ferrooxidans* desenvolveu processo de lixiviação bacteriana para aproveitamento de urânio contido nos minérios do bota-fora do CIPC. Os estudos foram confirmados em unidade piloto com 370 t de minério com teor de 200 ppm de U.

A Nuclebras e depois a INB sempre incentivaram o desenvolvimento de pesquisas sobre bota-foras e bacia de rejeitos. Nesta linha temos os trabalhos de SOUZA (1995), que estudou através de simulação em laboratório os fenômenos de óxido-redução que ocorrem no BF 4 do CIPC e concluiu que devido a infiltrações permanentes na pilha, a solução para o problema da geração de ácido não

pode se restringir ao impedimento de acesso de oxigênio do ar. Existe a necessidade de estudos hidrogeológicos devido às infiltrações subterrâneas.

PINTO (1995), estudando os processos geoquímicos que atuam na mobilização de radionuclídeos e metais na bacia de rejeitos do CIPC, usando amostras de perfis com 3 m de profundidade e águas de infiltração superficial e profunda, verificou que nas camadas mais profundas o ambiente apresenta-se como redutor devido à ausência de oxigênio, o que impede a oxidação da pirita, que é o principal mecanismo gerador de ácido na bacia.

WIICKMAN (1998) fez a caracterização química e radiológica do material do BF 4 visando fornecer subsídios à elaboração do projeto de estabilização do mesmo. No estudo, usou testemunhos de sondagem efetuadas durante o planejamento de lavra, existentes nos arquivos do CIPC. A autora estimou que o teor médio de urânio no BF 4 é de 105 ppm.

#### **5.2.1.2. Cobertura e Revegetação dos Bota-Foras**

Até 1989, duas alternativas de revegetação das superfícies dos bota-foras foram desenvolvidas: uma, onde foram plantadas 200 mil mudas de *eucaliptus* e *pinus*; outra, onde foram semeadas sementes de gramíneas. *Eucaliptus* e *pinus* foram plantados nas plataformas dos BF 1A, BF 3, BF 4B, BF 4C, BF 4D, BF 4E e BF 7. Sementes de espécies nativas, gramíneas e arbustos foram plantados no BF 8N/B. Devido à característica bastante ácida das superfícies dos bota-foras, o desenvolvimento da vegetação é difícil e a formação de um solo rico em nutrientes naturalmente tem sido muito lento. Desde 1998, estão sendo plantadas inúmeras árvores em toda a instalação que a nosso ver significam uma regressão à preocupação com a aparência visual conforme apontado na revisão feita por BITAR (1997).

#### **5.2.1.3. Drenagem dos Bota-foras e da Cava da Mina**

Em 1982 e 1985 foram desviados dois córregos que tinham seus cursos dentro da área de deposição do estéril, o córrego do Cercado, desviado do BF 8 e o córrego do Consulta, desviado do BF 4. As superfícies dos bota-foras foram recobertas com camada de argila de 20 cm de espessura deixando-se uma declividade entre 0,5% e 1%. As águas meteóricas que incidem sobre as plataformas

são drenadas através de canaletas de concreto e bueiros para a rede hidrológica local. Devido à falta de conservação esta camada foi removida pelas águas das chuvas em muitos locais e algumas canaletas foram destruídas e os BF 1, BF 3, BF 4 e BF 7 apresentam várias vossorocas. Desde 1998 estão em andamento a melhoria da drenagem superficial dos bota-foras 4 e 8, com o aterro de trincheiras, vales e represas e recuperação de canaletas, visando minimizar o acúmulo de águas de chuvas. Além disso foram desviadas todas as drenagens que não apresentaram características ácidas ou contaminação radioativa. Este trabalho, que deveria ter sido feito durante toda a vida do empreendimento, vem se constituindo na mais importante atividade desenvolvida na instalação visando a minimização dos volumes de drenagem ácida.

A drenagem da cava da mina foi reavaliada e todas as contribuições e todas as águas captadas acima da cota 1.332 m estão sendo desviadas para fora da cava da mina e lançadas na bacia do córrego das Antas através de canaleta sem revestimento construída sobre o BF 8, acabando por contribuir para o aumento da drenagem deste bota-fora. As águas abaixo da cota 1.332 m são drenadas para o interior da cava da mina, de onde são transferidas por bombeamento para a estação de tratamento de efluentes marginais na área 440 da usina.

As águas drenadas do pátio de preparação de minério são coletadas na bacia B1 e daí são transferidas para a estação de tratamento na área 440 recebendo o mesmo tratamento que as águas da cava da mina.

### **5.3. O Papel da CNEN**

As principais atribuições da CNEN são: baixar diretrizes de segurança e radioproteção; garantir a segurança de instalações nucleares e radioativas; exercer o controle sobre materiais nucleares e radioativos (monopólio estatal) e receber e depositar material radioativo. O controle do CIPC é exercido pela Diretoria de Radioproteção e Segurança Nuclear (DRS), através da Coordenação Geral de Licenciamento e Controle (CGLC) e pela Coordenação Geral do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD).

A CGLC tem as seguintes atribuições: supervisionar as atividades de competência da DRS nas áreas de licenciamento e controle, segurança de depósitos de rejeitos radioativos, segurança e radioproteção de instalações radioativas, gerenciando as decisões e orientações advindas da DRS;

pronunciar-se de forma conclusiva sobre processos de licenciamento de instalações nucleares e controle de materiais nucleares e de interesse para a energia nuclear; supervisionar a autorização para construção e operação de instalação radioativa, do ponto de vista de radioproteção; autorizar o transporte de material radioativo; e, conceder licença e autorização para o comércio interno e externo de minérios nucleares e minérios com urânio e tório associados.

O IRD tem competência para: executar programas de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico nas áreas de dosimetria, radioproteção e metrologia das radiações ionizantes; prestar apoio às atividade de licenciamento e controle de instalações nucleares e radioativas; capacitar recursos humanos especializados em radioproteção, dosimetria e metrologia das radiações ionizantes.

A CNEN tem o poder - dever de fiscalizar o cumprimento de suas normas. O licenciamento de instalações nucleares é feito através de um processo de acordo com as providências apresentadas no Quadro 5.1. Durante a execução dos diferentes planos, o CIPC é acompanhado por inspeções regulatórias coordenadas pela SLC, que se desenvolvem de diferentes maneiras e frequências. Desde 1994, a CNEN mantém um “inspetor residente”, lotado no Laboratório de Poços de Caldas que acompanha o dia-a-dia da instalação, com autonomia para realizar auditoria de resultados e planilhas de operação, auditoria de monitorações, monitoração e intercomparação de resultados, anotações da medicina do trabalho, investigar ocorrências consideradas anormais, execução de ações de acordo com o que foi aprovado, dar parecer técnico sobre documentação da instalação e investigar ocorrências por solicitação. O IRD participa de todo o processo de licenciamento e controle emitindo pareceres técnicos e desenvolvendo planos de fiscalizações para verificar a garantia da qualidade das medidas e monitorações desenvolvidas na instalação, e participa de inspeções periódicas programadas em conjunto ou não com a SLC. Além disso, a SLC conta com o apoio dos centros de pesquisa da CNEN ao qual recorre quando julgar necessário.

Outra atividade importante dentro da CNEN é a pesquisa desenvolvida. As pesquisas são geralmente voltadas para a caracterização e interpretação de fenômenos que ocorrem na instalação e avaliação de impactos radiológicos cujos resultados são usados nos pareceres técnicos sobre a instalação.

Com a abertura da galeria C-09 no Campo do Cercado e a decisão de implantação de uma usina de tratamento de minério de urânio no local, que iria produzir novos rejeitos e efluentes radioativos, o IRD planejou um sistema de coleta de amostras e análises para monitoração do ambiente

local, sem que isso se constituísse numa monitoração pré-operacional uma vez que o ambiente já havia sido perturbado e os níveis de radioatividade em alguns pontos eram superiores aos normais (AMARAL, 1979). Nessa época, AMARAL desenvolveu estudos do comportamento dos radionuclídeos da série do  $^{238}\text{U}$  liberados no meio ambiente local e acompanhou *in loco* o seu trânsito e distribuição no meio aquático e terrestre. Devido à modificação das condições do local pelo início dos trabalhos de lavra a céu aberto, antes da avaliação ter sido concluída, o plano inicial do trabalho foi adaptado e o comportamento do  $^{226}\text{Ra}$  na sua interação água-sedimento passou a ser investigado em laboratório. Segundo a autora, os resultados obtidos indicaram a presença de concentrações acima do normal de  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  e  $^{210}\text{Pb}$  em água, sedimentos e plantas da região vizinha da mina, podendo o  $^{226}\text{Ra}$  se constituir no radionuclídeo crítico e que a ingestão de água poderia contribuir para o aumento da dose da radiação interna nas populações vizinhas.

No período de 1980 até 1982, o IRD desenvolveu um Programa de Monitoração Ambiental Pré-Operacional nas circunvizinhanças do CIPC. Quando a instalação entrou em operação em 1982 teve início o Programa de Monitoração Ambiental e de Controle de Emissões do IRD/CNEN que é desenvolvido até hoje (AMARAL et al, 1988). VASCONCELLOS (1984) fez levantamento da concentração de  $^{226}\text{Ra}$  e de  $^{210}\text{Pb}$  em produtos agropecuários na região do Planalto de Poços de Caldas, contribuindo para o levantamento de parâmetros necessários à estimativa de dose a que está sujeita a população da região.

AMARAL (1992), com base nos dados de monitorações avaliou as implicações, sob o ponto de vista da radioproteção, do funcionamento do CIPC sobre o meio ambiente e a população do Planalto de Poços de Caldas ao longo dos 10 primeiros anos de operação da instalação, através da estimativa do equivalente de dose efetiva individual em grupos críticos da região. Usando os dados obtidos nos planos de monitoração, verificou a ocorrência de liberações significativas no ambiente, principalmente  $^{238}\text{U}$  e  $^{226}\text{Ra}$  e que o aumento da exposição devido às atividades de mineração e de tratamento de minério de urânio, apesar dos aumentos significativos da concentração de radionuclídeos nas águas dos rios era somente da ordem de 0,27 mSv/ano mesmo para o grupo crítico hipotético da região.<sup>26</sup> A autora concluiu que não havia uma contribuição significativa para o risco radiológico da população local, mas que o sistema de limitação de dose do ICRP deveria ser aplicado, considerando-se

---

<sup>26</sup> Grupo crítico – Grupo de membros da população cuja exposição é razoavelmente homogênea e típica dos indivíduos que recebem as maiores doses equivalentes ou doses equivalentes efetivas (Norma –CNEN - NE 3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção)

o valor aceitável de 0,3 mSv/ano. A autora recomendou que, para o descomissionamento da instalação, fosse avaliada a contribuição, a longo prazo, da emissão de radônio dos bota-foras e que fossem conduzidos estudos sobre os processos envolvidos na lixiviação e transporte aquático de radionuclídeos naturais na região de forma a serem elaborados modelos de previsão do impacto ambiental a longo prazo. No trabalho é apresentada uma revisão de pesquisas desenvolvidas no Planalto de Poços de Caldas que contribuíram para a avaliação do impacto radiológico decorrente da instalação e operação do CIPC.

PRADO (1994) desenvolveu uma análise da alteração da qualidade da água dos rios, na área do CIPC, resultante da produção de urânio, usando dados de medidas de pH e concentração de elementos estáveis e radioativos determinados em amostras de água de superfície e efluentes líquidos ao longo do período de 1982 a 1992 com o objetivo de: verificar a possível ocorrência de violação dos limites estabelecidos pela legislação; verificar a eficiência das medidas de controle na redução da concentração de diversas espécies químicas nos efluentes lançados e nos corpos hídricos receptores; realizar investigação preliminar do comportamento destas espécies químicas; determinar o alcance do impacto sobre a qualidade das águas, resultante do lançamento dos efluentes líquidos; e, discriminar a contribuição de diferentes fontes de impacto. A autora concluiu que o impacto da operação do CIPC no meio hídrico não se restringe aos elementos radioativos, considerando que a instalação provocava o aumento da concentração de Al, Ba, Ca, Fe, Mn, F e  $\text{SO}_4^{2-}$ . Verificou que os limites legais tinham sido ultrapassados em determinados períodos da operação, apontando para falhas operacionais. Apontou também que houve falhas de avaliação dos impactos potenciais advindos das águas de drenagem da cava da mina e das pilhas de estéreis que resultaram da seleção de locais inadequados para deposição de estéreis de mineração, sobre o leito dos córregos do Cercado e do Consulta e do planejamento inadequado do gerenciamento de rejeitos líquidos, que inicialmente não previa a contenção e neutralização das águas de drenagem. Estas falhas exigiram mudanças no gerenciamento, após o início da operação da usina, gerando custos não previstos no planejamento inicial. A autora observa também que os elevados custos operacionais de controle relativos ao período de paralisação das atividades, que era de US\$ 262 mil/ano, e o esgotamento da jazida previsto para 1995 apontavam para a necessidade urgente de definição das estratégias de descomissionamento por parte do operador e dos órgãos de fiscalização.



VEIGA (1995) avaliou o risco à saúde advindo da exposição aos poluentes radioativos e não radioativos liberados pela CIPC nos corpos de água da região utilizando uma metodologia de avaliação de risco. A base de dados foi o arquivo de resultados do Plano de Monitoração Ambiental e a conclusão foi que, embora se tratasse de uma instalação nuclear e que as atenções estivessem voltadas para a contaminação radioativa, a exposição a poluentes não radioativos como o manganês também era importante. A autora considerou de maior importância a toxicidade química do urânio incorporado pela ingestão de água e vegetais.

FERNANDES (1997) estudou o caso do CIPC segundo os seguintes critérios: análise dos impactos decorrentes da operação; avaliação dos mecanismos de mobilização dos poluentes radioativos e não radioativos a partir das principais fontes de poluentes para o meio ambiente - pilhas de estéréis da mineração e bacia de rejeitos; quantificação dos impactos resultantes das emissões de poluentes para o meio ambiente em cenários futuros; e o estabelecimento de estratégias de remediação, considerando a redução do risco e os custos das medidas remediadoras. Para o caso da bacia de rejeitos, o autor concluiu que o sulfato era o único poluente verificado nos pontos de monitoração de águas subterrâneas a montante e a jusante da mesma. Simulações matemáticas para os demais poluentes feitas com base em dados de minas semelhantes ao CIPC, obtidos na literatura, indicaram a probabilidade de contaminação deste meio somente a prazos superiores a 800 anos. As doses associadas à liberação de efluentes líquidos diretamente para as drenagens superficiais são da ordem de 8,0 mSv/ano e menor que 0,62 mSv/ano, em cenários conservador e realista, respectivamente. As doses devidas à inalação de radônio e à exposição externa à radiação para um indivíduo que venha a construir sua casa sobre a bacia de rejeitos seriam de 40 mSv/ano e 8,0 mSv/ano, respectivamente. Para as pilhas de bota-foras foi estimado que o material possui uma taxa intrínseca de oxidação da ordem de  $10^{-9}$  kg(O<sub>2</sub>)/m<sup>3</sup>/s, o que implicaria a duração do processo de geração de drenagem ácida por 500 anos. O autor considera como estratégias mais adequadas o recobrimento da superfície da bacia de rejeitos com uma camada de 1,0 m de espessura, de material com coeficiente de difusão ao Rn de  $10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s e das pilhas de bota-foras com camada de 1,0 m de espessura de material com coeficiente de difusão ao O<sub>2</sub> de  $10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s. Com base na literatura, o autor estimou os custos para a remediação da bacia de rejeitos variando de R\$ 2,0 milhões a R\$ 10 milhões. Para as pilhas dos bota-foras os custos foram estimados em R\$ 10 milhões.

NASCIMENTO (1998) avaliou tecnologias para recuperação de urânio contido na água da mina, com teores médios de 9 ppm de <sup>238</sup>U (~100 Bq/l) e 3,5 Bq/l de <sup>226</sup>Ra e desenvolveu um processo

com viabilidade econômica para o uso de resinas trocadoras de íons que possibilita a recuperação de 94% do urânio contido. Porém, a aplicação do processo implica a necessidade de posterior neutralização dos efluentes antes do lançamento para o meio ambiente o que diminuía a atratividade do processo.

Além disso, pesquisadores independentes também desenvolvem trabalhos na região, que podem contribuir para o entendimento do processo. PASCHOA et al (1979) realizaram medidas de concentração de  $^{226}\text{Ra}$  em águas de rios nas vizinhanças da área da mina do CIPC nos anos de 1977 e 1978, iniciados 6 meses antes do início a decapagem da mina e concluíram que os níveis de concentração de  $^{226}\text{Ra}$  nas águas da região de Poços de Caldas eram em geral menores que  $3,7 \cdot 10^{-2}$  Bq/l com exceção dos vários riachos que cruzavam a área do empreendimento que atingiram até 1,1 Bq/l. Segundo os autores, a utilização desta água para irrigação de plantas comestíveis da região de Poços de Caldas, acarretaria um equivalente de dose efetiva individual estimado em 7 mSv/ano.

#### **5.4. Conclusão do Capítulo 5**

A produção industrial de urânio no Brasil começou no Complexo Mineiro-Industrial do Planalto de Poços de Caldas, em 1982, 30 anos depois das primeiras pesquisas desse bem mineral no país. O fato foi politicamente exaltado, pela tecnocracia do regime militar, como um passo importante dado rumo à independência do país na exploração comercial da energia núcleo-elétrica pois garantia o suprimento de combustível ao reator de Angra I e a realização dos objetivos do Acordo Nuclear Brasil-Alemanha.

Infelizmente a produção do CIPC foi muito irregular. A lavra do minério iniciou em 1982 e foi encerrada em 1995. A usina de tratamento químico do minério iniciou as atividades em 1982 e as encerrou em 1995 mas, em 1997, ainda operou um processo de tratamento conjunto de minério com um resíduo do tratamento da monazita rico em urânio e tório chamado torta II.

No transcorrer de 20 anos, a usina operou em dois períodos: entre 1982 e 1988 e entre 1993 e 1995 o que somados ao ano de 1997, totalizaram 11 anos, nos quais a usina tratou apenas 2,09 milhões t de minério, quantidade correspondente a 27% da capacidade instalada, ou seja, a 3 anos de operação na capacidade nominal de 700 t minério/ano.

A quantidade de urânio produzido na usina foi de 1.030 tU, o que corresponde a apenas 22% da capacidade instalada e evidencia um projeto minero-industrial elaborado e executado com deficiências e problemas relacionados principalmente ao mal conhecimento da mineralização complexa e das características da jazida. Uma análise mais aprofundada deste empreendimento estatal, e das causas de seu baixo rendimento, foge dos objetivos desta tese, mas é um assunto que deve ser estudado e explicado à sociedade brasileira que é quem arca com os custos desses projetos.

Estes fatos são preocupantes uma vez que o modelo parece-nos estar sendo repetido no Complexo Industrial de Caetité. Inaugurado em 2000, o empreendimento ficou paralisado entre 2001 e 2002 durante mais de um ano para resolver problemas em sua bacia de captação de lixívia concentrada e atender as exigências do IBAMA e da CNEN. Essa paralisação foi acompanhada de ações do Ministério Público, passeatas da população contra o empreendimento e até a denúncia de morte de um operário que trabalhou na mina para a empreiteira encarregada da execução lavra, devido à radiação. Estes fatos, aliados ao medo da população, podem repetir o que já foi visto, apesar da direção da INB estar sendo exercida por grupo diferente daquele que gerenciou o CIPC.

Apesar da extração de urânio no Planalto de Poços de Caldas ter começado 30 anos depois, em relação aos dos países estudados, o que poderia ser uma grande vantagem sob o ponto de vista de uso e aplicação de novas tecnologias, de proteção radiológica ocupacional e ambiental, o Executivo Federal, na nossa opinião, não soube se aproveitar amplamente disso. A atenção dada aos rejeitos da usina é um exemplo positivo. A bacia de rejeitos foi construída de acordo com a melhor tecnologia disponível na época para a deposição de forma adequada dos rejeitos da usina de tratamento químico, embora hoje a CNEN considere que esta bacia está com sua capacidade esgotada e exigiu que a INB licencie nova bacia de rejeitos para continuar operando no local. Outro exemplo positivo são os cuidados com a radioproteção ocupacional, que manteve a dose dos empregados abaixo do limite de 50 mSv/ano estabelecido por norma da CNEN. Estes cuidados se estenderam também à lavra do minério onde os procedimentos visavam minimizar as doses dos trabalhadores, através da prática de aspersão e execução de perfurações com o uso de água para minimizar a poeira.

Os principais problemas têm decorrido do gerenciamento da mina e dos bota-foras que, de início, repetiu os procedimentos adotados nos países estudados, tratando equivocadamente uma mina de urânio da mesma maneira que uma mina de outro bem mineral. Os corpos técnicos tanto do operador como dos órgãos reguladores, embora detendo informações que apontavam para possíveis

problemas, não souberam ou não conseguiram obter uma mudança no procedimento operacional da indústria. Esses órgãos não tinham na época da implantação do empreendimento, um conhecimento de forma a garantir que a mesma seguisse normas e procedimentos melhores. Mesmo com dados que apontavam que as águas da galeria de pesquisa C-09 e da mina teriam características ácidas e conteriam radionuclídeos em concentrações maiores que as águas da região, não souberam prever o cenário e as providências, embora tenham sido tomadas de maneira acertada, tiveram caráter mais corretivo do que preventivo.

Felizmente, o tratamento da maior parte dos rejeitos líquidos da mina e dos bota-foras, realizado até hoje, tem garantido, conforme atestam inúmeras pesquisas realizadas no local, que a dose para a população local tenha sido até hoje menor que 1/3 do limite de 1 mSv/ano. Porém, essas providências corretivas, como a neutralização das águas ácidas da mina e dos bota-foras, cujos custos entre 1994 e 2001 totalizaram US\$ 1,2 milhão, foram por muito tempo consideradas adequadas para o empreendimento, não tendo havido iniciativa do empreendedor para minimizar a quantidade de água ácida gerada. As providências tomadas, como a cobertura da superfície dos bota-foras com 20 cm de argila, camada muito fina que em muitos locais foi destruída pela águas pluviais, e a plantação de 200 mil mudas de eucalipto na década de 80 hoje são consideradas inadequadas para bota-foras.

Recentemente, a INB tem dedicado maior atenção aos bota-foras e à mina mas tal como no passado, as ações carecem de um plano integrado, que a CNEN não tem competência legal para exigir, mas que o Ibama tem, daí a importância do trabalho conjunto entre os órgãos reguladores.

## **CAPÍTULO 6      IMPACTOS SOCIAIS DO CIPC NO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS**

Neste Capítulo, são apresentados os impactos sociais não mensuráveis decorrentes da exploração do urânio sobre a população do Planalto de Poços de Caldas, mais especificamente de Caldas e Poços de Caldas, as cidades mais sensíveis aos acontecimentos relacionados com a instalação. Para reconhecer esse tipo de externalidade do CIPC na região, optou-se pelo levantamento do noticiário da imprensa de Poços de Caldas. Os jornais escolhidos foram a Folha de Poços, na cobertura do fechamento da Usina de Beneficiamento de Caldasito Uranífero de Poços de Caldas, para aproveitamento do urânio contido nesse minério; e, para a cobertura do CIPC, escolheu-se o Jornal da Mantiqueira, único diário com existência durante todo o período desde a implantação do empreendimento até o ano 2000.

A opção pelo uso da cobertura jornalística como fonte de informação, mesmo sabendo que ela deixa muito a desejar, ou porque contem erros ou por ser descontínua ou tendenciosa, justifica-se porque o objetivo era justamente fazer uma análise a partir das informações a que a população teve acesso, pois é essa informação que contribui significativamente para o comportamento da sociedade local em relação ao empreendimento.

### **6.1.      A Usina de Beneficiamento de Caldasito Uranífero de Poços de Caldas**

A ocorrência de depósitos de zircônio, bauxita e materiais radioativos no Planalto de Poços de Caldas era considerada pela população e autoridades de Poços de Caldas como um recurso que poderia trazer benefícios e desenvolvimento para a região. Em vista da expressão dessas ocorrências, o DNPM criou, em 1953, uma Residência permanente na cidade e passou a fazer estudos sistemáticos dessas mineralizações, principalmente as de minérios radioativos. Importantes ocorrências de urânio, tório, terras raras, fluorita e molibdênio foram sendo identificadas e estudadas (FRAYHA, 1962; 1972).

O grande interesse pela exploração de bens minerais da região e aspectos de seu impacto na cidade é exemplificado pela repercussão do fato da CNEN ter decidido no dia 9 de agosto de 1961, suspender a execução das obras civis de construção da Usina de Beneficiamento de Caldasito Uranífero de Poços de Caldas, condicionando seu prosseguimento ao resultado do estudo das reservas do

minério. Para a CNEN, o depósito era muito pequeno e não justificava a construção da usina. Num período de seis meses o assunto foi tratado pela Folha de Poços mais de 40 vezes, incluindo notícias da cidade, transcrição de jornais de Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo e de documentos e correspondências entre autoridades da cidade, estado e país.

Segundo a cobertura jornalística, a decisão da suspensão da construção foi tornada pública em 18 de agosto de 1961, divulgando-se carta do presidente da CNEN, Marcelo Damy, comunicando a suspensão dos trabalhos para a empresa Empreendimentos Técnicos de Engenharia Ltda. (ETEL), contratada para a execução das obras. No dia 19 de agosto de 1961 o jornal estampava a seguinte manchete *“Ordenada a paralisação da Usina Atômica !”,* com a seguinte chamada *“Partiu a incrível decisão da C.N.E.N., que pôs em dúvida a qualidade do minério. 600 pessoas desempregadas. Prejudicada esta cidade. Agem as nossas autoridades.”*

A construção dessa usina, localizada no km 13 da rodovia Poços de Caldas - Andradas, havia sido iniciada em julho de 1959, no governo do Presidente Juscelino Kubitschek sendo presidente da CNEN, o Almirante Otacílio Cunha. A reação ao fechamento da instalação bradava contra o desemprego de centenas de operários e os prejuízos do comércio local cuja estimativa era mais de Cr\$ 5 milhões/mês. Os desempregados incluíam 200 operários da construção civil mais 400 garimpeiros que concentravam o caldasito, minério de elevada densidade, em lavadores rudimentares e vendiam o produto de seu trabalho para a CNEN.

Ademais se perderia o dinheiro gasto até o momento na construção (Cr\$ 99,6 milhões em obras entre 1959 e 1960 e mais Cr\$ 47 milhões na aquisição de minérios (VIEIRA, 1968). E havia a pretensão paulista de levar a usina para o Estado de São Paulo, segundo rumores que vinham sendo ouvidos desde a posse do Presidente Jânio Quadros e a nomeação de Marcelo Damy, professor da USP e considerado defensor dos interesses paulistas, para presidente da CNEN. Segundo o jornal, havia uma trama contra os interesses de Minas, desde antes do início da construção da usina e apesar de Minas Gerais ter o maior depósito mundial de tório, isso não importava para os novos membros da CNEN. Junto com a usina seria transferida também de Poços de Caldas para São Paulo a Faculdade de Engenharia Atômica, uma faculdade reivindicada pela cidade e prometida pelos governantes mas que ainda não se concretizara.

David Ottoni, Prefeito Municipal, já no início do ano resolveu encaminhar, através do Governador Magalhães Pinto, uma denúncia ao Presidente Jânio Quadros que a CNEN estava

resolvida a transferir mesmo para São Paulo a Usina: “*Minas Gerais entraria apenas com o minério; São Paulo ficaria com todas as vantagens do beneficiamento*”. Em sua denúncia o Prefeito lembrava ao Presidente seu compromisso de campanha presidencial feito em comício público realizado na cidade quando havia declarado que “*com ele no poder, Poços de Caldas e Minas Gerais não seriam despojados do beneficiamento de um minério que era seu, jazia em seu solo*”. O Prefeito levou sua denúncia ao então Governador, Magalhães Pinto, que ficou incumbido de transmitir, com seu apoio, a denúncia ao chefe da Nação mas, segundo o jornal, o Governador encaminhou-a, de boa fé, ao próprio Marcelo Damy que ignorou os anseios locais.

No mesmo dia 19, segundo relato do jornal no dia 21 de agosto de 1961, a Câmara Municipal reuniu-se em sessão extraordinária para estudar o assunto. Nesta reunião “*a Câmara Municipal decidiu permanecer em sessão permanente até o reinício das obras da Usina Atômica e pronta para, a qualquer momento, resolver o que for preciso para evitar a retirada da indústria de minérios atômicos para outra localidade, fora do Estado de Minas Gerais*”, além da acusação de que os governos estadual, municipal e a UDN foram os responsáveis pelos prejuízos que a cidade viesse a ter com a paralisação das obras. O Prefeito Municipal, presente na reunião informou que havia se reunido com o presidente da CNEN e que este havia declarado não ser sua intenção a retirada da usina de Poços de Caldas nem fechá-la. Na Figura 6.1 temos *charges* sobre o assunto publicadas no jornal nos dias 21 e 22 de agosto de 1961.

Poços de Caldas acabara de presenciar um momento especial em relação à ciência e pesquisa. Em julho havia sido realizado na cidade o XIII Congresso Nacional da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e uma das visitas programadas para os participantes foi a usina em construção.

No dia 1º de setembro, o jornal transcreveu informações dadas pelo presidente da CNEN sobre o assunto aos jornais Diário Carioca e O Estado de São Paulo, cujos principais pontos eram os seguintes:

- a paralisação era temporária até que estudos de reavaliação das reservas de minério de urânio justifiquem a sua conclusão ou recomendem o fechamento definitivo da obra e que simultaneamente a essa deliberação havia sido recomendada a constituição de um grupo misto de geólogos da CNEN e do IPR da Escola de Engenharia da UFMG para que procedessem os estudos indispensáveis à determinação precisa das reservas de zirconita (sic) existentes. Segundo Marcelo Damy a jazida

produziria apenas 50 t de urânio, quantidade considerada insuficiente, pois o Brasil necessitava de mais de 200 t desse material para a carga inicial do reator núcleo-elétrico, com capacidade instalada de 300 MW, cuja construção havia sido aprovada recentemente pelo Presidente da República;

- as obras da usina já haviam consumido Cr\$ 400 milhões e a construção completa atingiria a cifra de Cr\$ 3 bilhões, incluindo uma fábrica de urânio metálico, o que seria uma quantia apreciável cujo investimento só seria justificável, na hipótese de existência de uma quantidade de minério que permitisse sua operação durante 15 a 20 anos, o que não era o caso da jazida de Poços de Caldas que seria consumida em menos de 5 anos, de acordo com a capacidade da usina de processar 10 mil toneladas de minério por ano;

- considerando a hipótese de ser produzida as 50 t de urânio, seu custo seria 15 vezes maior que o preço do urânio no mercado mundial na época, que era de US\$ 4,00/tU (equivalente a Cr\$ 1.000,00, segundo a reportagem);

- que a usina foi projetada a partir de parâmetros levantados em escala de laboratório, sem a devida confirmação em escala piloto, por isso ela tinha erros de projeto.

- a notícia de transferência da Usina de Poços de Caldas para São Paulo era destituída de fundamento. Explicando que em São Paulo estava sendo construída uma usina sim, mas de urânio nuclearmente puro (esta usina era o reator de pesquisa IEA-R1);

- que o Governador de Minas Gerais havia sido informado sobre a decisão de paralisação das obras da Usina de Poços de Caldas;

- que as reservas de tório de Poços de Caldas eram das maiores mas, ressaltou que o Brasil já possuía tório suficiente até o ano 2010; e,

- que ele não era um político e encarava o problema da energia atômica exclusivamente pelo aspecto científico.



# charge do dia

## Reportagem policial

Na semana passada a cidade de Poços de Caldas foi assaltada por uma perigosa quadrilha de São Paulo. Os meliantes, pertencentes a uma "gang" com ramificações em Brasília e Belo Horizonte, conseguiram, sorrateiramente, com habilidade, conquistar as boas graças do proprietário do objeto roubado, ao qual fez bonitas promessas. Quando ninguém mais desconfiava, eis que estava roubado o objeto. Vários implicados já foram identificados, suspeitando-se, todavia, da existência de elementos da quadrilha dentro da própria cidade de Poços de Caldas.

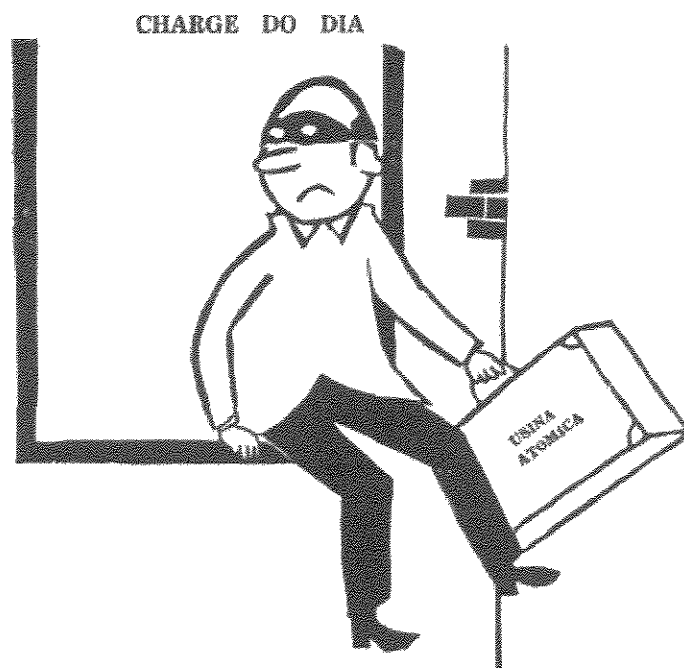


Figura 6.1. Charges Publicadas pela Folha de Poços nos dias 21 e 22 de Agosto de 1961

Deputados Estaduais e Federais, representantes da região, fizeram diversos discursos e requerimentos solicitando medidas enérgicas contra a paralisação das obras conforme notícia transcrita do jornal Estado de Minas nos dias 2 e 12 de setembro de 1961. Em 15 de setembro foi publicado telegrama do Deputado Estadual Sebastião Navarro Vieira informando haver sido criada Comissão Parlamentar de Inquérito, constituída de cinco deputados sul mineiros, sobre os acontecimentos da Usina Atômica.

Com a renúncia do Presidente Jânio Quadros, em 25 de agosto de 1961, a implantação do parlamentarismo, em 2 de setembro de 1961 e a posse do Presidente João Goulart, Marcelo Damy colocou seu cargo à disposição. As notícias do dia 6 de setembro de 1961 sobre esse acontecimento, iniciava com a manchete *“Já vai tarde ! Deixa a C.N.E.N. o célebre prof. Marcelo Damy”*. O jornal informava que em São Paulo estava sendo feito um abaixo assinado para reconduzir ao cargo o Almirante Otacílio Cunha e que em Poços de Caldas estava sendo tomada a mesma iniciativa para dirigir ao Governo da República a seguinte petição:

*“Os cidadãos abaixo assinados, autoridades públicas e figuras representativas das diferentes classes sociais de Poços Caldas, no uso de uma prerrogativa, que lhes assegura a Constituição Federal e é própria do regime parlamentarista, posto que o bem público é a suprema lei, vêm requerer, com o presente documento, a recondução do Almirante Otacílio Cunha, na Presidência do Conselho(sic) Nacional de Energia Nuclear, matéria da mais alta relevância para o progresso e a segurança nacionais.*

*É sem dúvida alguma o Almirante Otacílio Cunha, em nosso país, um dos pioneiros da Energia Nuclear como tal mundialmente conhecido e aclamado, já tendo merecido a honra da escolha do seu nome, por mais de sessenta países, para presidir um Congresso Mundial de Energia Nuclear.*

*Poços de Caldas, sendo, no Brasil a terra onde jazem os maiores e melhores minérios atômicos, possuindo, a maior mina de tório do mundo foi, por isso mesmo, escolhida para a construção de uma usina destinada ao beneficiamento desses preciosos minérios. Um ato desprovido de fundamentos sérios, da atual Comissão Nacional de Energia Nuclear determinou a paralisação das obras da sua construção, desempregando cerca de seiscentos operários, humilhando Minas Gerais, e resultando prejuízos incalculáveis para esta cidade, a qual, nesta contingência, apoia no sentido da recondução do Almirante Otacílio Cunha. Poços de Caldas 6 de Setembro de 1961”.*

Um fato a ser considerado era que o ministério do Presidente João Goulart era constituído de seis políticos mineiros com o que, segundo a reportagem, os mineiros voltaram a dominar a cúpula político-administrativa da nação.

Uma comissão foi formada para levar o abaixo-assinado até Brasília e a expectativa era que os representantes mineiros no governo federal defendessem os interesses do seu Estado. A comissão foi composta pelos Dr. Carlos Gomes de Oliveira, Horácio Paiva, Dr. Mattos Filho e o Deputado Krisanto Muniz que os acompanhou em Brasília, tendo a mesma viajado no dia 11 de setembro, com verba de representação votada pela Câmara de Vereadores.

No dia 16, foi transcrito um telegrama sobre as atividades da comissão que levou o abaixo-assinado a Brasília, informando terem sido bem recebidos pelo Ministro das Minas e Energias, o mineiro Gabriel Passos, o qual prometeu continuar a construção da usina. A comissão também falou com o Primeiro Ministro Tancredo Neves e com o Presidente João Goulart que apoiaram a retomada da construção. Mas, com o retorno da comissão constatou-se que o Ministro Gabriel Passos recebeu mal a sugestão do nome do Almirante Otacílio Cunha e que informou à comissão sua intenção de reconduzir Marcelo Damy ao cargo, *“contrariando a vontade do Primeiro Ministro Tancredo Neves, do Presidente da República, dos membros da bancada mineira nas Câmaras Estadual e Federal que desejavam a volta do Almirante Otacílio Cunha”*.

Comentando a atitude do Ministro Gabriel Passos, em matéria com seguinte título *“O ‘affaire’ Usina Atômica – Damy”* publicada no dia 5 de outubro de 1961, Rabelo Mariano fez o seguinte comentário: *“E está claramente visto que o Sr. Gabriel Passos, de reconhecida inteligência não enxergou o que está saltando à evidência em todo esse caso. Isto porque aos grupos econômicos (e seus representantes) o interesse público, nacional ou estadual, pouco ou nada importa, desde que sua fome seja primeiro saciada. Daí, conclui-se devem os mineiros aumentar o fogo por todos os flancos, não ensarrilhar as armas por vagas promessas, sob pena de ficar nosso Estado mais uma vez espoliado, como vem ocorrendo desde a Independência”*.

Com efeito, no dia 22 de setembro o Presidente João Goulart enviou o seguinte telegrama *“ao povo de Poços de Caldas”* de acordo com a transcrição publicada em 25 de setembro. *“Agradecendo ao bravo povo de Poços de Caldas a solidariedade que me foi prestada durante a etapa conturbada por que passou o país, apraz-me comunicar-lhe que já determinei o estudo para o reinício imediato*

*das obras da Usina Atômica, justa aspiração da gente da bela, culta e progressista Poços de Caldas. Brasília, 22 de setembro de 1961. João Goulart.”*

Em resposta à solicitação da cidade, o Presidente da República nomeou o Deputado Milton Reis como “*delegado para solucionar in loco o caso e oferecer uma solução ao mesmo*”. Para receber o delegado presidencial que também havia colaborado com a comissão que foi a Brasília, facilitando o acesso às autoridades federais, foi organizada uma comissão sob a presidência do Prefeito Municipal, David Otonni, programada uma sessão solene onde o visitante seria homenageado e receberia a incumbência de levar a indicação pela cidade, do nome do engenheiro de minas e vice-prefeito Resk Frayha para Presidente da CNEN.

A grande comissão, como foi chamada, era composta por: Prefeito Municipal, o presidente da Câmara Municipal, o Rotary Club, o Lions Club, as Associações Comercial, Rural, Médica, Farmacêutica, Odontológica, a Ordem dos Advogados, a Associação Atlética Caldense, os Juizes de Direito, o Promotor de Justiça, o Departamento de Turismo, os diretores dos jornais e os gerentes de Bancos. A população da cidade foi convidada para a recepção no dia 24 de setembro de 1961 que seria realizada na sede da Associação Comercial e onde discursaria o Dr. Arthur de Mendonça Chaves Filho.

Na solenidade, o Deputado Milton Reis leu uma mensagem do Presidente da República, assegurando a breve retomada dos trabalhos de construção da Usina. O Ministro das Minas e Energia fez a mesma declaração ao Prefeito Municipal.

Após a visita as entidades políticas do Sul de Minas enviaram telegramas para o Presidente da República e para o Ministro das Minas e Energia apoiando o nome de Resk Frayha para presidir a CNEN. Como consequência desta pressão, Resk Frayha foi chamado ao Rio de Janeiro para conversar com o Ministro Gabriel Passos mas não foi divulgada notícia sobre o que foi tratado nessa reunião.

Notícia do dia 5 de outubro de 1961, informa que as Forças Armadas e o Poder Legislativo Federal estavam realizando abaixo assinados distintos apoiando o nome do Almirante Otacílio Cunha porém, no dia 11 de setembro foi noticiada a recondução de Marcelo Damy ao cargo de presidente da CNEN. Restava agora discutir sobre a situação dos empregados que perderam o emprego e a espera da comissão que iria avaliar a jazida de urânio, sobre os quais havia muita dúvida na cidade quanto a lisura das medidas. O Ministro Gabriel Passos foi bastante criticado pelo caráter presidencialista de sua atitude em não acatar uma proposta apoiada por tantas autoridades e pela população, como era de se esperar de um regime parlamentarista.

No dia 18 de outubro, sessenta dias após o fechamento da usina o jornal apresenta matéria baseada em entrevista do ex-Ministro das Minas e Energia no Governo Jânio Quadros, Agripino Maia, à revista O Cruzeiro, em que afirmou que uma empresa estrangeira havia assinado contrato com o governo passado para explorar minérios estratégicos em Minas Gerais e fazia uma exploração predatória. O fato chegou ao conhecimento do Presidente da República que após uma sindicância sigilosa que confirmou a denúncia, determinou o cancelamento do contrato e a exploração dos referido minério pela CNEN. A ordem não foi cumprida devido a renúncia de Jânio Quadros. Para o jornal esta entrevista confirmava a ação de forças ocultas à margem do MME.

O assunto continuou a ser noticiado, porém, com menor intensidade. Em 14 e 15 de novembro o JM publicou matéria lamentando os prejuízos e o abandono dos trabalhos pelos garimpeiros, deixando para traz, galerias e sulcos, sem o devido cuidado, muitas das quais estavam desmoronando.

Em 5 de dezembro, foi noticiada a chegada da comissão de avaliação das reservas. Ainda no dia 12 desse mês a Câmara de Vereadores se reuniu para tratar do assunto, quando novamente foram feitos requerimentos ao Presidente da República, ao Ministro Gabriel Passos, ao Governador do Estado e ao Prefeito Municipal, reclamando contra a paralisação das obras. Com esta retomada das ações visando a continuação das obras, as entidades representativas de Poços de Caldas incluindo todos os advogados do Fórum, Rotary Club, Lions Club, Associações Comercial e os proprietários de hotéis se empenharam novamente no caso. O objetivo era conseguir a vinda do Presidente João Goulart ou de um seu emissário a Poços de Caldas, para conhecer as obras e constatar que o presidente da CNEN, num clamoroso ato de indisciplina, não estava obedecendo a suas ordens de retomar a construção.

Consideramos que as ocorrências descritas retratam a falta de comunicação entre a CNEN e grupos locais de interesse. Parece-nos que ao paralisar as obras a CNEN não avaliou a repercussão social e econômica do seu ato e ignorou a opinião pública do local. Com isso, a cidade e as lideranças políticas continuaram sua movimentação a favor da retomada das obras. Em 13 de março de 1962, trouxe o Almirante Otacílio Cunha, *“para proferir palestra ao todas as classes sociais e operárias da cidade, demonstrando que a construção da usina era uma decisão correta”*. Em 1968 o Deputado Sebastião Navarro Vieira discursou na Assembléia Legislativa estadual a favor da retomada das obras e defendendo as riquezas de Minas Gerais (Vieira, 1968).

## **6.2. A Mina e a Usina do CIPC**

### **6.2.1. Antes da Inauguração**

Com a descoberta da jazida do Campo do Cercado em 1970, os interesses em montar uma usina industrial para extração de urânio novamente voltaram-se para Poços de Caldas. Em 1974, paralelamente ao início da abertura da galeria de pesquisa C-09 no Campo do Cercado, o Ministro das Minas e Energia Shigeaki Ueki inaugurou a Usina Piloto de Poços de Caldas, construída nas dependências da usina que havia sido fechada na década passada. Essa usina serviria para obtenção dos parâmetros para o projeto da CIPC atendendo politicamente uma das justificativas apresentadas para a paralisação das obras da antiga usina.

Apesar da necessidade de ser levada em consideração a visão da política ambiental, dos riscos e danos da radiação sobre o ser humano, na época dos acontecimentos descritos no item anterior, podemos imaginar o tipo de recepção que houve à notícia sobre a implantação do CIPC no Planalto de Poços de Caldas. O assunto continuou a merecer destaque na imprensa da cidade.

Mas, em março de 1980, a Nuclebras demitiu quase 150 servidores que trabalhavam na implantação do CIPC, evidenciando uma desaceleração das obras. A notícia foi publicada pelo Jornal da Mantiqueira (JM) no dia 20 de março e no dia 24 foi publicada uma análise do desemprego na cidade, apontando as demissões em massa verificadas na empresa e suas empreiteiras como umas das causas e cobrando a posição dos deputados da cidade. No mesmo dia, o jornal noticiou a vinda de grupo de técnicos da UPUK para substituição dos empregados dispensados, para o quê a Nuclebras tinha liberado Cr\$ 660 mil. Segundo o jornal, a justificativa oficial da vinda dos franceses era a revisão dos trabalhos realizados no CIPC, sem a qual a UPUK se desobrigaria das garantias de funcionamento da usina que ela havia projetado. O jornal informa que, na realidade, a vinda dos franceses estava condicionada também à liberação pela UPUK de financiamento de US\$ 1.974 milhões assinado em 1976. Em junho é noticiada pichações em muros da cidade com slogans contrários a instalação de usinas nucleares, particularmente à presença da Nuclebras na cidade e contra a vinda dos franceses. Na reportagem de fundo sobre o assunto, com o título: *“Nucleaire ? Non, Merci ? ”* o jornal faz os seguintes comentários:

- a controvérsia sobre os possíveis problemas de segurança da exploração de urânio em Poços de Caldas/Caldas continuava agora, com pichações contra a vinda de técnicos franceses da UPUK;
- o primeiro perigo da exploração de urânio é a total desinformação da população da cidade. Apenas uma única vez a empresa respondeu a um questionamento oficial da prefeitura sobre os procedimentos de lavra de materiais radioativos, o uso e controle das águas pluviais da bacia regional;
- havia boatos sobre trabalhador adoentado por excesso de radiação, transportado para São Paulo, mas nada de concreto foi provado;
- estavam falando em depósito de lixo atômico, mas nada de concreto foi provado;
- estavam falando sobre a radiação que escaparia durante a lavra do minério e o perigo das correntes aéreas transportarem poeira uranífera para Caldas e Poços de Caldas, mas nada foi provado ou esclarecido;
- a desinformação é total. *“Em matéria de relações públicas – acredita-se que o conhecimento mínimo do programa é indispensável para que se possa até aplaudir-lo - a Nuclebrás está andando a pé”*.

No dia seguinte, o jornal publica matéria assinada com o título *“Energia fissil: aniquilamento da humanidade”* no qual o autor encerra saudando os *“Guerrilheiros Ecológicos” de todo o mundo e as atitudes que eles tomam e que tomarão no futuro contra a energia nuclear, por mais extremistas que sejam*.

Ainda em dezembro daquele mesmo ano, a Nuclebras participou ativamente no primeiro ciclo de palestras sobre assuntos ligados à vida da cidade de Poços de Caldas e região organizado pela Associação Sul-Mineira de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, com conferência e visita ao canteiro de obras. Apesar das explicações sobre o plano da monitoração ambiental e a informação de que eram feitos controles freqüentes e bastante rigorosos da água, alimentos e ar da região, para medir a radioatividade, comprovando que o índice de emissão estava abaixo do suportado pelo ser humano, o tema que foi motivo de debates intensos durante a visita foi a preocupação com o meio ambiente.

No dia 24 de dezembro, é publicada matéria analisando a visita e a exposição, da qual destacamos o seguinte:

- a Nuclebras parece ter abandonado sua posição “isolacionista” abordando temas que preocupam a população em geral (risco e segurança relacionados à exploração do urânio), sem os tradicionais preconceitos que caracterizam os “assuntos sigilosos”;

- foi afirmado que um indivíduo tomando água radioativa da Fonte Vilella em Águas da Prata - SP durante toda sua vida, iria se contaminar em muito maior escala em relação ao que ficasse exposto, durante mesmo tempo, às radiações emanadas da mina do CIPC;
- as informações de que o meio ambiente era monitorado e que não havia sido detectado nenhum problema não eram de domínio público, restando à população aceitar o diagnóstico dado pela empresa;
- não se sabe se os empregados das empreiteiras que trabalham dentro da mina recebem o mesmo tipo de precaução dada aos empregados da empresa.

Sobre o fechamento da instalação, após a exaustão do minério, o jornal transcreveu a seguinte informação dada pela empresa: *“com o esgotamento das minas a área seria reflorestada com eucaliptos, uma vez que plantas nativas dificilmente se adaptariam novamente a um terreno que passou por uma escavação, até o presente momento, de 300 metros de profundidade”*. O articulista conclui que *“o que se viu durante essa visita às obras da Nuclebras, foi algo diríamos dantesco. Pode-se ver, por ali, a capacidade de modificação da natureza de que o homem é capaz, sem conhecer ainda as conseqüências globais do processo, mormente em se tratando do campo da energia nuclear, que causa no mundo uma sensação de insegurança e de pânico. Ainda não se sabe se é um sonho ou um pesadelo o fato de que a outrora pacata sul de Minas, além de todos os problemas decorrentes da sua industrialização acelerada e de urbanização caótica, esteja tão repentinamente colocada no centro de uma questão tão polêmica quanto delicada.”*

Durante 1981, alguns artigos sobre os perigos das instalações núcleo-elétricas e a decisão de alguns países europeus de fechar suas usinas foram divulgadas. Também foi noticiada visita das autoridades e imprensa da cidade às instalações da Nuclebras para tomarem conhecimento do cronograma de implantação.

A usina foi inaugurada oficialmente no dia 6 de maio de 1982 pelo Presidente João Batista Figueiredo, com a presença de vários ministros e do Governador Francelino Pereira. A edição do dia da inauguração estampa mensagens de boas vindas de prefeitos e empresas da região, ao Presidente, saudando a entrada definitiva do Brasil na era nuclear e cumprimentando pelo vencimento de mais esta etapa de grande importância para o setor energético do país. A visita foi considerada eminentemente técnica, sem novidades políticas. Incidentes como o fato do Prefeito Municipal Ronaldo Junqueira, o Juiz de Direito e alguns vereadores de Poços de Caldas terem sido barrados na entrada do restaurante na hora do almoço, por problemas de identificação e esquecimentos de autoridades regionais como os



prefeitos das cidades da região e secretários municipais foram relatados no dia 7 de maio. No dia 8 de maio, o colunista político do jornal fez diversas piadas com os políticos da região e os problemas havidos na visita e inauguração. Os políticos da cidade realizaram reunião onde discutiram o assunto, concluindo que a culpa pelos contratempos era dos organizadores do evento e não do Presidente da República e que os incidentes deviam-se ao rigor do esquema de segurança do Presidente.

### **6.2.2. Depois da Inauguração**

Logo depois da inauguração, as notícias veiculadas no jornal foram sempre favoráveis ao empreendimento, enfocando a produção da usina, a exportação do urânio e o pagamento do urânio emprestado da Argentina para a partida da usina de Angra I, com urânio produzido em Poços de Caldas, o crescimento das reservas nacionais, visitas de autoridades, técnicos e alunos de universidades do país e do exterior e de sindicalistas acompanhando a embalagem do urânio produzido.

A única exceção foi a notícia, no dia 8 de março de 1983, sobre uma carta de protesto de um cidadão poçoscaldense, publicada pela Folha de São Paulo, contra a extração de minério no CIPC, que estava contrariando normas internacionais de segurança, as quais exigiam a irrigação das vias de acesso para evitar levantamento de poeira. Segundo o missivista, esta poeira era visível nos canteiros de cenoura cultivados próximo à instalação.

Nos dias 8 e 9 de novembro de 1983, foi noticiada a preocupação da Polícia Florestal e das autoridades municipais com a elevada quantidade de peixes mortos e com estranha coloração das águas que estavam se verificando nos últimos dias na represa Bortolan, no ribeirão das Antas, além da formação de espumas brancas e mau cheiro na cachoeira Véu das Noivas, ponto turístico da cidade de Poços de Caldas. O Departamento Municipal de Águas e Esgotos (Dema) coletou amostras das águas e informou que provavelmente o fato se devesse ao excesso de uso de herbicidas na região mas, no dia 23 de dezembro de 1983, o jornal publicou resultados do laudo da Cetesb sobre as amostras coletadas em Poços de Caldas. Segundo as informações, o laudo afastava a hipótese de poluição por pesticidas e fertilizantes ou de grande proliferação de algas ocasionada por inversão térmica e que o Dema enviara relatório para a Câmara Municipal que transcrevia o laudo da Cetesb apontando a Nuclebras como causadora da poluição. Segundo o relatório, *“as águas do Ribeirão das Antas e da Represa Bortolan podiam ser consideradas impróprias para a preservação da vida aquática, pelos valores de pH ácido,*

*em sua maioria abaixo do limite mínimo recomendável além de conter concentrações de ferro e alumínio acima dos limites permissíveis para a preservação da vida aquática*". A ocorrência de ferro e alumínio foi relacionada com a floculação e clarificação das águas.

As reportagens sobre a poluição da represa Bortolan continuaram no início de 1984. No dia 13 de janeiro foi publicada entrevista com o diretor do Demae, Aldo Foltz Hanser confirmando que o agente poluidor estava dentro da área ocupada pela Nuclebras onde foi detectada acidez de pH 2,8. O Demae solicitou a presença da Comissão de Política Ambiental de Minas Gerais (Copam) (sic) cujo representante esteve na cidade nos dias 27 e 28 de dezembro. Após reunião com os representantes da Nuclebras e o Prefeito Municipal, o representante da Copam, segundo o jornal afirmou que *"as portas da empresa foram abertas e eles tiveram acesso ao local, isto é à cabeceira do ribeirão das Antas, e que a Nuclebras admitiu a existência de um fenômeno desconhecido, onde a água aparece com pH 2,8, fato que o representante do Copam classificou de - raríssimo - e que nunca foi encontrado na literatura - é puro ácido sulfúrico"*. Segundo o diretor do Demae, a Nuclebras admitiu a existência do fenômeno dentro da nascente mas informou que existia um esquema de segurança de combate à poluição extremamente eficaz sujeito à fiscalização da CNEN com rigoroso controle contra a radioatividade e que não consta que a Nuclebras esteja poluindo a cidade ou lançando ácido sulfúrico no meio ambiente e que tratava-se de um fenômeno espontâneo e natural. O diretor informou que iria propor à CNEN a criação imediata de um grupo de trabalho composto da CNEN, Sema, Copam, Codema e Demae para verificação, estudos e solução do problema uma vez que *"era um fenômeno recente, pois nunca tivemos caso semelhante"* e pediu apoio da imprensa para conseguir formar o grupo de trabalho. No dia seguinte, o jornal informou que procurou entrar em contato com os dirigentes da Nuclebras e não foi recebido mas, que o responsável pelo setor de segurança da empresa informou por telefone que as denúncias de que a Nuclebras seria a fonte poluidora não tinham fundamento nenhum e que não havia sido verificada acidez excessiva na água da nascente do ribeirão das Antas ou pH menor que o normal. O título da notícia era *"Nuclebras desmente poluição"*.

Para o Autor, a partir desta data, a Nuclebras, que antes tinha a imagem de empresa fechada à informação, passou a ter também a imagem de empresa poluidora e perigosa, o que reforçou os temores da população. Nas eleições municipais de 1985 o PMDB explorou bastante o transporte, armazenamento e industrialização da torta II acusando políticos do PFL, sócios da empresa contratada

para transportar o material de São Paulo para Poços de Caldas, de estarem contribuindo para que o planalto fosse contaminado radioativamente por esse lixo atômico.

No final de fevereiro de 1986, a Nuclebras promoveu um ciclo de palestras sobre a proteção ambiental com a presença de diretores da Nuclebras e da CNEN, representantes da Cetesb, Copam, da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (Sema) e do assessor para assuntos do meio ambiente do MME, além dos prefeitos das cidades de Poços de Caldas, Caldas, Andradas, deputados da região, vereadores e políticos das três cidades, totalizando mais de 200 pessoas. O encontro foi considerado uma mudança no comportamento da Nuclebras para com a comunidade local. Os títulos das matérias foram *“Nuclebras abre as portas e quer discutir com a comunidade”* e *“Nuclebras abre-se para um amplo debate sobre o CIPC”*. Artigo assinado defendeu o comportamento e os novos investimentos da empresa na região. Nesta reunião foram debatidos vários assuntos dos quais destacamos: a intenção da empresa em montar uma fábrica para tratamento da torta II, visando produzir tório e urânio; a reafirmação do dever e dos esforços da empresa para a preservação do meio ambiente; o transporte de torta II de São Paulo para o CIPC. A participação mais destacada na reportagem foi a do Prefeito de Caldas, Sebastião Sérgio Bellini, que deu seu apoio à implantação da indústria em seu município e as boas vindas aos novos empreendimentos. Em contrapartida, o Prefeito cobrou da Nuclebras o pagamento dos *“royalties”* ao município e o fornecimento de guias de recolhimento do Imposto Único sobre Minerais (IUM) e questionou o faturamento do Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS) no ano de 1985 que foi de apenas Cr\$ 24 milhões. O Prefeito reivindicou a criação de cursos de formação de técnicos em mineralogia em seu município e a abertura de uma estrada entre o distrito de Pocinhos do Rio Verde e o CIPC. Todas suas reivindicações foram aprovadas pelas autoridades presentes. Sobre questões levantadas durante a reunião pelo Deputado Carlos Mosconi sobre a monitoração ambiental, foi dada a ele a liberdade de, com gente de sua confiança, proceder a avaliação. Na semana seguinte, o superintendente do CIPC, a convite dos vereadores fez na Câmara Municipal de Poços de Caldas exposição sobre o controle ambiental desenvolvido pela empresa, e na qual compareceram, segundo o jornal, apenas 3 vereadores e no máximo 20 convidados.

Esta foi, depois dos acontecimentos de 1961, a primeira série de reportagens sem críticas ao empreendimento. Em abril, matéria assinada criticava os derrotistas que sabiam apenas criticar e que perderam na sua tentativa de denegrir a imagem de muitos. Depois disso, a empresa passou a prestar

uma série de serviços à comunidade. Em maio de 1986 o presidente da Nuclebras esteve em Poços de Caldas para assinar uma série de convênios com as prefeituras de Poços de Caldas, Caldas, Andradas e com a Associação dos Municípios do Alto Rio Pardo (Amarp), visando ministrar cursos técnicos sobre mineração e proteção ambiental, execução de trabalhos de topografia e análises laboratoriais. A cerimônia de assinatura contou com a participação de prefeitos, vereadores e políticos da região. Em 24 de junho de 1986 foi publicado agradecimento do diretor dos Serviços Termiais da Prefeitura de Poços de Caldas pelas análises periódicas das águas da cidade que a Nuclebras estava fazendo. Era o primeiro resultado do convênio assinado, um serviço que antes a prefeitura tinha dificuldades para realizar.

Devido as correntes contrárias à implantação de uma usina para tratamento químico de torta II na região, os prefeitos de Poços de Caldas, Caldas e Andradas decidiram constituir uma comissão de especialistas independentes “*para análise do produto originário das areias monazíticas denominado torta II*”, conforme publicado em 29 de junho de 1986. A comissão era formada por: Prof. Eduardo Penna Franca do Instituto de Biofísica da UFRJ, Dr. Ben-Hur Batalha, assessor do MME para assuntos do meio ambiente, Resk Frahy, morador em Poços de Caldas e Dra. Beatriz Pamplona da Sema do Estado de São Paulo. A justificativa para a formação desta comissão foi a intenção da CNEN de implantar, nas instalações do CIPC, uma usina para o aproveitamento do urânio e do tório existente na torta II. Segundo o jornal, a CNEN informou que o local foi escolhido devido a infra-estrutura existente e que os riscos de contaminação radiológica devido o armazenamento da torta II e do seu tratamento no CIPC eram remotos e desprezíveis e que, ao longo de todos os anos de funcionamento do CIPC, não houve alteração do ecossistema do Planalto de Poços de Caldas. A comissão reuniu-se no dia 18 de julho, com representantes da Nuclebras, da Nuclemon, das prefeituras de Caldas e Poços de Caldas e da Amarp. Conforme publicado no dia 19 de julho de 1986, foi elaborado um relatório amplo e completo sobre o assunto concluindo que a implantação da nova usina não trazia riscos para a população. A manchete do jornal foi “*Comissão conclui que não oferece risco*”. No dia 20, o relatório da comissão foi publicado na íntegra. No relatório, a comissão afirmou que a torta II não era um lixo atômico e analisou aspectos de seu transporte, armazenamento e tratamento químico concluindo que não havia risco para a população e elogiou a postura aberta da Nuclebras quanto às informações solicitadas. O relatório foi enviado ao MME.

A notícia de que era intenção da CNEN implantar uma usina para o processamento da torta II no CIPC, passa para a população a imagem de que este órgão trabalha em conjunto com a Nuclebras.

Sendo essa uma das razões para que a sociedade local tenha constituído várias comissões independentes e solicitado o envolvimento de outras instituições, quando em busca de informações.

Nesse período o superintendente da Nuclebras fez diversas palestras nas escolas, entidades filantrópicas e na Câmara Municipal de Poços de Caldas para prestar esclarecimento sobre o assunto. O Prefeito de Caldas, conforme noticiado no dia 9 de julho, foi a Brasília acompanhado do Deputado Sebastião Navarro Vieira Filho onde reuniu-se com o Ministro da Minas e Energia, Aureliano Chaves e solicitou seu empenho para o pagamento do Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICM) uma vez que, segundo a reportagem de jornais, o Estado do Rio de Janeiro estava se beneficiando do ICM gerado na comercialização dos produtos lá gerados pela Nuclebras. No dia 30 de julho, o jornal informou que o Ministro das Minas e Energia havia enviado informações ao Deputado confirmando que havia dado ordem para o levantamento dos valores do ICM a serem pagos.

No dia 4 de setembro de 1986, foi veiculada notícia sobre o andamento do convênio entre a Nuclebras e prefeitura de Poços de Caldas. Havia sido ministrados cursos na área de relações humanas, orçamento público, controle de estoques e almoxarifados, laboratórios de análises, leitura e interpretação de cartas cartográficas e realizados trabalhos de Geologia sobre cartografia geotécnica. No dia 24 de setembro, foi publicada a notícia que o IBDF, atendendo solicitação, declarou a área de localização da Nuclebras “Refúgio Particular de Animais Nativos”.

Em novembro de 1986, a Nuclebras foi sede de um curso de treinamento regional da IAEA sobre proteção radiológica em minas de urânio, bastante divulgada na imprensa como uma demonstração de que o que estava sendo feito nas empresas era exemplo para outros países. O ano encerra-se com uma série de reportagens mostrando o crescimento das reservas nacionais de urânio e a falta de fundos para o acordo nuclear Brasil-Alemanha.

No dia 24 de julho de 1987, foi noticiado que a Nuclebras iria pagar Cz\$ 44 milhões, correspondente à primeira parcela do ICM sobre urânio produzido no município de Caldas e faturado para a Usina Nuclear de Angra dos Reis. O dinheiro seria depositado no Banco do Brasil, em Caldas, no dia 27 de julho. O Prefeito de Caldas celebrou o acontecimento com solenidade realizada no dia 31 de julho na qual o Secretário da Fazenda de Minas Gerais explicou que o dinheiro não seria diretamente transferido para Caldas mas que isso representava um aumento da arrecadação do município, o que acarretaria o aumento do valor de repasse de verbas do estado para a cidade.

Em 1987, o questionamento sobre o transporte da torta II de São Paulo para o CIPC foi discutido na Câmara Municipal de Poços de Caldas onde, segundo notícias do dia 17 de outubro, o Vereador José Aparecido de Almeida Prata, sem partido, motivado pelo temor e preocupação da população com o possível depósito do lixo atômico no Morro do Ferro, solicitou a formação de uma comissão constituída dos prefeitos, vice-prefeitos e vereadores de Poços de Caldas e Caldas e por pessoas interessadas, para obter esclarecimento sobre o assunto e avaliar os riscos de um provável acidente radioativo.<sup>27</sup> Segundo o jornal, o assunto estava sendo motivo de levantamentos do jornal O Globo e que os esclarecimentos eram necessários para se evitar um possível acidente como o de Goiânia.<sup>28</sup> O convite de esclarecimento foi dirigido ao Ministro das Minas e Energia, o mineiro Aureliano Chaves, e aos presidentes da Nuclebras e da CNEN. Os vereadores foram recebidos pela Nuclebras para esclarecimentos.

Em 25 de outubro de 1987, o jornal publicou extensa entrevista com Resk Frayha, considerado especialista sobre o assunto e com José Milton Sampaio, superintendente do CIPC, visando *“Esclarecimentos sobre lixo atômico”* na qual se discutiram assuntos sobre radioatividade, a falta de atenção da Nuclebras para com o município de Caldas, o medo da população dos locais onde existem instalações nucleares no mundo todo, depósitos de rejeitos, Morro do Ferro, tratamento químico da torta II, enfim, assuntos que estavam em voga.

Como consequência dessas ações foi realizada no dia 5 de novembro de 1987 uma mesa redonda organizada pela Secretaria Municipal da Saúde, Família e Bem-Estar Social de Poços de Caldas presidida pelo Dr. Eduardo Penna Franca sobre o tema *“Energia Nuclear: Benefícios, Riscos e Situação Atual do Brasil”*. Embora o evento fosse destinado ao esclarecimento público, poucas pessoas compareceram à explanação do professor da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), demonstrando, segundo o jornal, negligência por parte da comunidade com seus problemas.

Os presentes na reunião reclamaram da dificuldade de se obter informações abalizadas dos órgãos governamentais responsáveis pelo Programa Nuclear Brasileiro até há pouco tempo e o Prefeito de Poços de Caldas, Adnei de Moraes fez comentário sobre as dificuldades enfrentadas por ele para ter a primeira confirmação sobre o transporte da torta II para Poços de Caldas (sic).

---

<sup>27</sup> O Morro do Ferro é uma anomalia radioativa localizada no Planalto de Poços de Caldas a mais ou menos 10 km do CIPC. O local é considerado como um possível reator nuclear natural e contém recursos de terras raras e tório.

No dia 15 de novembro, uma comitiva de empresários da indústria e comércio de Poços de Caldas, sob liderança de Antônio Acconcia, presidente da Associação Comercial Industrial Agropecuária Poços de Caldas (ACIA) visitou o CIPC, para conhecer as instalações e realizar debate sobre o Programa Nuclear Brasileiro.

No dia 14 de janeiro de 1989, o Prefeito de Angra dos Reis foi recebido no CIPC para *“conhecer a extração de urânio e tomar conhecimento do enorme entrosamento existente entre a empresa e as comunidades que circundam a instalação, que até tempos passados tinha as suas portas fechadas ao público em geral”*. Estiveram presentes os prefeitos de Poços de Caldas, Caldas, Campestre, Ipuiuna e Serrania e o secretário da Amarp que fez a seguinte afirmação: *“Visando um melhor relacionamento entre a Nuclebras e as comunidades vizinhas, foi feito um contato com o Dr. José Milton Sampaio, para que a empresa abrisse suas portas à população no intuito de esclarecer todas as dúvidas da população, revelando assim que o que acontece dentro dela não é nenhum segredo e com isso conseguimos mudar totalmente o ângulo de visão dos cidadãos em relação às atividades aqui realizadas”*. A seguir, cada prefeito fez os seus esclarecimentos e o prefeito de Angra dos Reis respondeu que em sua cidade a Nuclebras continuava com as portas fechadas para toda a população, o que gerava muitos problemas para a administração da cidade.

Em outubro de 1988, em função da reestruturação do Programa Nuclear Brasileiro, tomou posse a nova diretoria da Urânio do Brasil, conforme notícia do dia 27, em solenidade que teve a presença de autoridades políticas e empresários da região que tiveram a oportunidade de conhecer os rumos e planos da nova empresa. Foi publicada informação detalhada sobre os objetivos da reestruturação e como ela foi feita.

Em 15 de junho de 1989, o transporte da torta II voltou a ser notícia. Segundo o jornal, houve uma das mais acaloradas discussões dos últimos tempos na Câmara Municipal de Poços de Caldas entre o Vereador Roberto Junqueira em defesa da Empresa Fornecedora de Transporte, ad qual ele e o Prefeito tinham participação acionária e o Vereador Marcos Togni, que acusou a empresa de estar transportando torta II de São Paulo para Poços de Caldas. Embora Roberto Junqueira apresentasse documentação da INB de que o transporte não estava sendo realizado, Marcos Togni sustentou sua acusação.

---

<sup>28</sup> O acidente radioativo de Goiânia, um vazamento de <sup>137</sup>Cs, com contaminação de várias pessoas do público e morte de 4 delas ocorreu no dia 23 de setembro de 1987.

No dia 28 de junho de 1989, em função de reportagem veiculada no jornal O Estado de Minas com o título “*Material radioativo gera medo e polêmica em Poços de Caldas*” afirmando que no CIPC, tambores contendo torta II estavam ao relento, o jornal publica reportagem com título “*Lixo Atômico: prefeito tranqüiliza a população*” onde são apresentadas declarações do Prefeito, do gerente de operação do CIPC, Joaquim Sérgio Ribeiro e do físico da CNEN, Telsuak Waldabayashi, explicando que a torta II não representava perigo para a população. Foram apresentadas explicações detalhadas sobre o processo de produção da torta II e a informação que a Nuclebras iria iniciar o tratamento desse material no próximo mês, visando a recuperação de urânio e tório da mesma. No dia 30 de novembro de 1989, o jornal publicou a manchete “*Confusão nuclear está formada*” criticando o desencontro de informações. De um lado, setores da imprensa que denunciavam o depósito de milhares de toneladas de rejeitos nucleares, provenientes de Itu, do bairro paulistano de Santo Amaro e dos litorais carioca, capixaba e baiano, o que representava um mortal perigo para o povo poçoscaldense, a exemplo do que a minúscula cápsula de  $^{137}\text{Cs}$  representou para Goiânia. Segundo a notícia, no caso de uma tromba d’água, Poços de Caldas correria o risco de se transformar numa cidade fantasma, a exemplo de Chernobyl, na Rússia. Do outro lado, técnicos da empresa desmentiam tudo, garantindo que não existia perigo. A crítica foi motivada por nova reportagem do jornal O Estado de Minas com o título “*Empresa de Poços não estoca lixo atômico*”, publicada no dia 29 de junho de 1989. O JM apresenta uma resenha dos assuntos tratados na reportagem que desmentia várias denúncias feitas em reportagem anterior. Segundo o JM, a versão, informada pela Nuclebras e por pessoas envolvidas na denúncia era: a jazida de urânio do Campo do Cercado não está esgotada; havia 5 mil tambores de torta II estocados no CIPC, a céu aberto; a UB não admitiu ter estoque de mesotório no CIPC; UB vinha estocando no CIPC, 25 t de torta II por semana, desde 1984 até março de 1989 quando, por determinação do superintendente José Milton Sampaio, o transporte foi interrompido; o CIPC só voltaria a receber torta II quando iniciasse o seu tratamento; o depósito de torta II não estava contaminando a água do ribeirão das Antas; e, que nunca ocorrera exportação de cenoura da região irrigadas com água contaminada pela torta II. Segundo o JM os boatos tiveram origem na acusação feita pelo Vereador Marcos Togni e o Jornal da Cidade de que a UB, uma vez esgotada a jazida de urânio, estava transformando o CIPC em depósito de lixo atômico.

No dia 9 de julho de 1989, o JM comentou notícia dada pelo “Jornal de Minas” segundo a qual o gerente geral da UB, Vicente Chilleli, teria informado que toda torta II, que começou a ser



estocada no CIPC há 10 anos, começaria a ser tratada em agosto e que, em 30 dias, todo o material teria sido processado. Estas informações contrariavam todas as anteriores sobre o início da transferência da torta II para o CIPC e o seu processamento.

No dia 15 de julho de 1989, o JM informa que a Associação de Proteção ao Meio Ambiente e dos Direitos Humanos (VIDA) faria uma assembléia para discutir a denúncia de que Poços de Caldas estaria servindo de depósito de lixo atômico. Esta foi a primeira vez que foi noticiada a discussão do assunto por um grupo ambientalista.

Durante todo ano, a coluna Impressões e Bastidores, do JM, deu inúmeras notícias sobre energia nuclear, publicando folhetos e informações oficiais, elogios à diretoria da UB e críticas àqueles que acusavam a empresa de estar transformando o CIPC em depósito de lixo atômico. Também foram publicadas matérias assinadas defendendo o empreendimento.

No ano de 1990, foi noticiado o apoio da UB no treinamento e formação de técnicos do Serviço Nacional da Indústria (Senai) de Poços de Caldas; reportagens favoráveis ao empreendimento e elogiosas à diretoria, continuaram a ser publicadas. No dia 21 de janeiro de 1990 foi noticiada a visita do Deputado Prisco Viana, majoritário na região de Guanambi e Caetité, na Bahia, onde se localiza a jazida de Lagoa Real. A visita teve como objetivo apresentar o desenvolvimento da preservação ambiental desenvolvida no CIPC e contou com a participação, de autoridades das cidades de Caldas, Andradas e Campestre.

No dia 22 de fevereiro de 1990, foi noticiado que uma comissão da cidade de Caldas, encabeçada pelo Prefeito Sylson Ottoni e com a participação do superintendente do CIPC foi recebida pelo Governador Newton Cardoso para apresentação dos planos da UB visando implantar três novas indústrias no ramo de tratamento de minério em Caldas - duas unidades da Paranapanema e uma da Nuclemon - que iriam transformar o município no principal polo minero-industrial da região e gerar 1.200 empregos diretos, mais 2.000 empregos indiretos. Na ocasião foi solicitada ao Governador a abertura da estrada ligando o distrito de Pocinhos do Rio Verde ao CIPC, que segundo o jornal teve do Governador o seguinte despacho “*Ao Diretor Geral do DER, Dr. Roccio, iniciar a obra*”.

Em 14 de março de 1990, foi noticiado que o tratamento da torta II, misturada com o minério do CIPC, estava ocorrendo na instalação. Na reportagem o supervisor de radioproteção da instalação, Ivan Antunes deu detalhadas informações sobre a proteção ambiental desenvolvida e as condições de armazenamento do material no CIPC.

Nos meses de junho e julho as notícias voltaram-se para as conclusões do grupo de avaliação do Programa Nuclear Brasileiro instituído pelo Presidente Fernando Collor de Melo e a opinião de sindicalistas e diretores da UB sobre a incorporação da empresa pela INB. Em 13 de julho de 1990 foi noticiado que em agosto, após as conclusões da comissão de avaliação, a UB estaria operando a todo vapor, aumentando a arrecadação fiscal e realizando a contratação de novos empregados.

Em 5 de dezembro de 1990, foram publicadas informações da Assessoria de Comunicação Social da INB informando que os técnicos da empresa terminaram os estudos e adaptações necessárias ao tratamento da torta II e que a operação seria iniciada em breve, após receber o licenciamento da CNEN, mediante atendimento das exigências de ordem técnica e de controle ambiental. Mas, no dia 15 de dezembro, foi noticiada a demissão de mais de 140 empregados, em atendimento a determinações do Governo Federal, visando a contenção de despesas.

No dia 2 de março de 1991, foi noticiado que a Câmara Municipal de Poços de Caldas aprovou por unanimidade requerimento do Vereador Ronaldo Durante, solicitando ao presidente da UB, José Milton Sampaio, informações sobre a torta II, o tipo de trabalho desenvolvido até aquela época e o que vinha sendo feito em termos de comunicação popular pela empresa. O requerimento foi motivado pela demora da UB em oficializar o convite para os vereadores visitarem a instalação, conforme prometera José Milton Sampaio em reunião da Câmara Municipal realizada em 15 de dezembro de 1990. O convite foi oficializado pela INB e a visita foi realizada em 3 de abril de 1991, na qual compareceram 5 vereadores de Poços de Caldas e 2 de Caldas mais o secretário geral da Amarp mas o Vereador responsável pelo requerimento não compareceu. Na visita, o Vereador Javier Torrico Morales sugeriu a constituição de uma comissão especial para solicitar, por ocasião da visita do secretário de Ciência e Tecnologia do Estado, Octávio Eliseo Alves Brito, uma efetiva ajuda do Governador Hélio Garcia para a implantação das indústrias da Paranapanema e da Nuclemon no CIPC em vista ao número de empregos que seriam gerados. Segundo o jornal, as perspectivas dessa implantação eram das mais animadoras o que exigia um trabalho conjunto dos municípios da região.

Em 19 de abril de 1991, os empregados do CIPC realizaram uma paralisação exigindo equiparação salarial com outros empregados do grupo INB, a qual ganharam no dia 29 de junho de 1991. Depois disso, as notícias sobre os esforços para defender a continuidade do empreendimento continuaram, agora junto ao ex-candidato ao governo de Minas Gerais, Hélio Costa, e vice presidente do PRN, que após defender o emprego das 400 famílias que dependiam do empreendimento e as

perdas que seu fechamento representavam ao Estado de Minas Gerais, prometeu levar a reivindicação ao Presidente Fernando Collor.

No dia 19 de junho de 1991, foi publicada reportagem com o presidente da UB, José Milton Sampaio, informando sobre a volta das atividades no CIPC na qual adiantou que no mais tardar até o final do ano ou início do próximo tudo estaria normalizado e que as atividades teriam início com o tratamento da Torta II.

Em 11 de julho de 1991, o jornal publicou denúncia do dirigente do PT e participante da Associação de Proteção ao Meio Ambiente e dos Direitos Humanos, Paulo Tadeu D'Arcádia, de que a Nuclemon estava fazendo acordo com a prefeitura de Itu para transferir 3.500 t de torta II, estocadas naquele município, para o CIPC, o que considerava extremamente perigosa e lesiva para Poços de Caldas e cidades da região e conclamava uma grande mobilização da comunidade poçoscaldense para, se preciso, até bloquear as estradas de acesso ao Campo do Cercado e denunciar as empresas transportadoras da cidade que aceitassem o frete, para impedir o referido transporte. Conclamou também a participação das prefeituras e classificou o Codema de Poços de Caldas de inoperante na defesa no meio ambiente da cidade. As denúncias foram contestadas pelo diretor administrativo da UB, Edenil de Mello Brito, que informou, conforme publicado no dia 12 de junho, que a CNEN controla absolutamente tudo o que diz respeito à energia nuclear no Brasil, inclusive o transporte de material radioativo e que até a presente data a UB não havia recebido nenhuma comunicação a respeito do assunto e lembrou a decisão da UB de não aceitar mais remessa de torta II, enquanto não começasse o tratamento industrial daquele material. Edenil sugeriu que estas denúncias fossem investigadas a fundo para que a verdade fosse conhecida e reafirmou a transparência da UB em suas atividades. No dia seguinte, tanto o jornal, como o presidente da UB, José Milton Sampaio, classificaram as denúncias de mentirosas e eleitoreiras e que este assunto deveria ser tratado em Caldas onde se localizava o empreendimento e não em Poços de Caldas. No dia 16 de junho foi publicado que a UB havia enviado nota à imprensa negando qualquer tipo de negociação de transferência de torta II e afirmando que os esforços da UB estavam dirigidos no sentido de conseguir o licenciamento do processo de tratamento desse material junto a CNEN.

As entidades ambientalistas, partidos políticos, entidades de classe, lideranças políticas e o público em geral foram convidados para reunião para discutir a transferência dos rejeitos atômicos armazenados em Itu, para o Planalto de Poços de Caldas. Na notícia sobre a reunião publicada no dia

14 de julho, havia declaração de Paulo Tadeu classificando as afirmações do presidente da UB como *“mais uma mentira como tantas outras que o tempo se encarregou de desmentir como, por exemplo, o ramal ferroviário e o próprio tratamento da torta II”*. Segundo o jornal, havia cerca de 8 a 9 pessoas na reunião e a decisão como sempre foi a de formar um painel ou uma comissão para opinar sobre o tema.

No dia 17 de julho, a Câmara Municipal de Caldas emitiu esclarecimento à população da cidade e cidades vizinhas sobre as providências que vinha tomando sobre o armazenamento da torta II no CIPC, afirmando que os vereadores visitaram a instalação por várias vezes nos últimos dois anos para verificar as condições de armazenamento do material que estava à espera do processamento e industrialização e que não foram anotadas quaisquer anormalidades e nem a presença de material estranho no local. Os vereadores afirmaram que a partir do próximo ano, caso não fosse dado andamento nas atividades da UB e a torta II permanecesse ali estocada, passariam a exigir da CNEN providências para a remoção do material para o ponto de origem. Os vereadores afirmaram não terem informações sobre novos transportes de torta II e reafirmaram que aguardavam com ansiedade o reinício das operações da UB. A nota foi assinada pelo presidente da Câmara Municipal, Renato Junqueira.

No dia 23 de julho, o JM publicou outro artigo de Paulo Tadeu, onde ele apresentava as reportagens do Jornal da Tarde, do dia 10 de julho de 1991, e da TV Record de São Paulo, do dia 11 de julho de 1991, nas quais suas denúncias foram baseadas. No artigo, tece elogios à postura dos vereadores de Caldas em exigir soluções caso o processamento da torta II não se verificasse e convidava para reunião a ser realizada naquele município, sobre o assunto visando, antecipar a solução dos problemas que poderiam ocorrer no futuro. No dia 25 de julho, o jornal publicou notícia de que o vice-presidente do PRN, Hélio Costa informara ao empresário Laércio Martins, que conseguira junto ao Secretário de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Pedro Paulo Leoni Ramos, o compromisso de apresentar solução para a UB em 90 dias, atendendo assim reivindicação dos empregados da UB em reunião realizada quando de sua visita e intermediada pelo empresário Laércio Martins.

No dia 31 de julho de 1991 foi noticiado que *blitz* do Ministério do Trabalho, acompanhada pelo Promotor de Justiça Edívon Teixeira descobriu em São Paulo um depósito clandestino de lixo radioativo abandonado pela Nuclemon. Sobre esse assunto, o JM publicou em 1 de agosto que a areia

monazítica lá existente seria trazida para Poços de Caldas. O articulista considerou isso inadmissível, antes do pleno funcionamento do CIPC *“pois a radioatividade poderia atingir a todos sem pedir permissão ou autorização uma vez que é algo que não se pode conter dentro de uma área restrita”*, citando os acidentes de Chernobyl e Three Miles Island como exemplos. Em matéria assinada publicada no dia 3 de agosto é apresentada a informação de que a Rede Globo de Televisão, que havia dado a notícia sobre o depósito clandestino em Interlagos, havia anunciado no dia seguinte que os técnicos no assunto garantiram a inocuidade do encontrado e que os jornais O Estado de São Paulo e Folha de São Paulo, haviam noticiado, no dia 30 de julho, que o material não apresentava riscos de radiação que pudesse prejudicar a população.

No dia 9 de agosto de 1991, foi realizada reunião na Câmara Municipal de Caldas, com a presença de vereadores de Caldas e Poços de Caldas, do Prefeito de Caldas e algumas lideranças políticas da região e grande número de estudantes e populares para discutir assuntos relacionados à UB. Na reunião ficou decidido impetrar uma ação judicial contra a empresa para impedir definitivamente o transporte e o armazenamento da Torta II em suas instalações. A ação foi sugerida pelo Juiz de Direito Ronaldo Tovani que se colocou à disposição e afirmou ser possível uma ação em 24 horas.

No dia 18 de agosto, o JM publicou entrevista com Paulo Tadeu D’Arcádia sobre a notícia dada pela Folha de São Paulo de que 39 funcionários da UB haviam sido contaminados entre fevereiro e março de 1990 quando a empresa fez uma experiência de extração de urânio da torta II. Paulo Tadeu afirmou que *“a torta II era um rejeito radioativo produzido no processamento da areia monazítica, que era impossível o tratamento da mesma e que se caso isso ocorresse, a duração do processo seria de 6 meses o que não garantiria empregos na região e produziria apenas 80 toneladas de urânio, deixando na região mais de 8 mil t de rejeitos, dentre os quais 1.500 t de tório”*. Falou também que *“alguns empregados receberam doses até 70 vezes acima dos limites anuais permitidos durante os testes com a Torta II”*. O entrevistado criticou a empresa por não ser capaz nem de abrir uma pequena estrada para integrar a empresa ao município de Caldas e classificou de promessas não cumpridas, a instalação de uma escola técnica, das indústrias da Paranapanema e da Nuclemon e a instalação de uma universidade no CIPC.

As notícias sobre a implantação de uma universidade nas instalações do CIPC haviam sido publicadas no dia 1º de agosto, informando que uma equipe de professores e técnicos da UFMG, a

convite da Amarp, estava na cidade para realizar estudos para a implantação de um *campus* avançado daquela universidade, aproveitando as instalações do CIPC. Os estudos iniciais foram executados para a Amarp pelo prof. Silvio Generozo e tiveram início após contatos entre o prefeito de Andradadas, o presidente da Amarp e o presidente da UB. Na visita à UB a equipe seria acompanhada pelos prefeitos de Poços de Caldas, de Caldas e de Andradadas. O presidente da INB colocou à disposição da UFMG uma equipe de técnicos capacitados para o exercício do magistério nas matérias dos cursos a serem ministrados. O *campus* contaria inicialmente com os Institutos de Geologia, Mineralogia e Computação. Depois disso nunca mais houve notícias sobre esse sonho da cidade desde a década de 60.

No dia 20 de agosto de 1991, foi noticiado que uma equipe da Feam chegaria a Poços de Caldas para examinar as condições de armazenamento da torta II que, segundo denúncias de ambientalistas, estava sobre um lençol freático que formava vários rios da região. A Feam, juntamente com a CNEN, iria investigar também denúncia de contaminação de dois funcionários da UB durante a experiência de processamento da torta II. Em notícia publicada em 22 de agosto de 1991 a UB informou à comissão de investigação que os empregados receberam no máximo entre 32 e 35 mSv enquanto o máximo permissível era de 50 mSv. O médico da UB, Alexandre Rodrigues Oliveira contestou as acusações de contaminação e os empregados supostamente contaminados e que já não trabalhavam mais na UB deram entrevistas afirmando que estavam muito bem de saúde. O assunto foi tratado no jornal como “*o desmascaramento de uma falácia de ambientalistas*”. No dia 21 de agosto, houve uma mesa redonda com a participação de representantes da UB, CNEN, ACIA e de ambientalistas sobre o armazenamento de areia monazítica (sic) em Poços de Caldas. No debate, o Prefeito de Caldas, Sylson Ottoni, defendeu a UB e criticou a interferência indevida de Poços de Caldas nos negócios do município de Caldas. Os representantes da UB afirmaram mais uma vez que durante a operação, os empregados usaram equipamentos de proteção e que não foram contaminados e a Feam acabou por autuar a UB por estocar material radioativo de forma inadequada. Segundo a notícia dada no dia 24 de agosto, existia no pátio da empresa mais de 13 mil tambores de torta II e boa parte deles estava estocada a céu aberto.

No dia 28 de agosto de 1991, a UB distribuiu nota oficial para a imprensa reafirmando sua política de manter a população de Caldas e Poços de Caldas informada sobre as atividades desenvolvidas no CIPC, repudiando o uso errado e a manipulação política de informações sobre as

condições de trabalho e estocagem de material radioativo da instalação e explicando com detalhes as condições de operação, os objetivos do processamento da torta II, e as alternativas da empresa para aproveitar a instalação uma vez que a jazida de urânio tinha se esgotado.

No dia 30 de agosto, o JM publicou matéria assinada contendo uma resenha das polêmicas sobre o lixo atômico demonstrando que os órgãos responsáveis pela operação e controle sempre afirmaram que não havia perigo para a população.

No dia 3 de setembro de 1991, foi noticiada a presença dos presidentes da CNEN, José Luiz Santana e da INB, Elso Modesto, para participarem de reunião de debates em Caldas sobre depósito de rejeitos radioativos no CIPC, assunto que havia sido notícia no programa Fantástico, da Rede Globo de Televisão no dia 1 de setembro. Sobre a notícia do Fantástico, os vereadores Álvaro Cagnani e Marcos Togni de Poços de Caldas, conforme notícia do dia 27 de setembro, encaminharam correspondência à Rede Globo de Televisão solicitando que fosse feita retificação na notícia divulgada, uma vez que o material radioativo encontrava-se na cidade de Caldas, a mais de 30 km de distância de Poços de Caldas, e a confusão certamente prejudicaria o turismo em Poços de Caldas.

No dia 5 de setembro de 1991, foi noticiado que a Coordenadoria de Defesa do Meio Ambiente de Minas Gerais havia aberto inquérito civil para investigar se as 8 mil toneladas de torta II estocadas no CIPC representavam risco à natureza e à população local. O inquérito estava sendo dirigido pelo Promotor de Justiça Luiz Renato Topan, que já havia requisitado à CNEN informações sobre o material radioativo. O inquérito foi aberto depois de telefonemas de várias pessoas preocupadas com a possibilidade de uma acidente radioativo.

No dia 19 de setembro, foi publicada matéria assinada opinando que o assunto torta II deveria ser definitivamente solucionado, pois, prejudicava os interesses da região. A sugestão apresentada era colocar a decisão final nas mãos do Poder Judiciário através de uma Ação Declaratória, assinada pelos prefeitos de Poços de Caldas, Caldas e Andradas. A ação seria uma medida cautelar inominada com o propósito de impedir o recebimento de novas remessas de torta II pela UB e no prazo de 30 dias a propositura de uma ação principal obrigacional para compelir a UB a armazenar adequadamente o material lá existente e impedir o processamento do mesmo sem a certeza de uma completa segurança. De posse desta ação a justiça recorreria à contratação de técnicos especializados em energia nuclear da USP ou Unicamp, descompromissados tanto com a UB como com a CNEN, que após estudos do assunto, daria à justiça um parecer real do problema e conseqüentemente a condição para julgá-lo.

Dessa forma, a discussão passaria a envolver também um técnico representante do povo, contratado pelo Juiz de Direito.

Neste ano, também foram publicadas duas notícias sobre a energia nuclear que merecem destaque. A primeira, em 9 de fevereiro de 1991, de título *“Radioatividade é suspeita de deixar mulheres carecas”* na qual o JM informou que *“segundo notícias, em Goiânia e no interior de Goiás milhares de mulheres estão ficando carecas e que seus cabelos caem com o simples passar de mãos. Essas mulheres temem que a causa da queda esteja relacionada com o acidente com o  $^{137}\text{Cs}$ ”*. O JM informou que *“em Poços de Caldas, dizem que no Morro do Ferro se localiza um dos maiores índices de radioatividade do país”* e pergunta *“se tal constatação também não poderia fazer com que as mulheres da região pudessem passar pelo mesmo terror de ficar carecas?”*. Segundo o jornal, os técnicos consultados sobre o assunto apenas se limitaram a dizer que a grande radioatividade registrada no Morro do Ferro é de procedência natural, sendo assim tal risco estaria descartado. O jornal também dá explicações sobre o radônio e os efeitos de seus filhos sobre os pulmões, após inalação, informando que *“o mortífero gás radônio e seus filhos emitem partículas alfa (dois nêutrons e dois prótons, como um núcleo do também mortífero gás hélio) que também pode afetar o tecido pulmonar”* e promete buscar esclarecimentos sobre o assunto na UB. O jornal não informou a fonte de suas notícias nem apresentou as explicações que iria buscar na UB. A segunda, no dia 27 de julho de 1991, de título *“Médica afirma: na região de Poços há vítimas de radioatividade sendo tratados como aidéticos”* segundo a qual a médica Wânia Barbosa, da Coppe - UFRJ, iria apresentar trabalho científico no 11<sup>o</sup> Congresso Mundial de Ergonomia, em Paris, no mês de agosto, mostrando a semelhança dos sintomas de pessoas contaminadas com o vírus da Aids e as vítimas da radioatividade. Segundo as informações da médica o mineral de urânio *in natura* também contamina e que há vítimas de radioatividade com problemas, sendo tratadas como aidéticos. Segundo o colunista, esse assunto deveria merecer a preocupação das autoridades pois, se fosse verdade, acabaria com o turismo existente na região. A notícia foi contestada em matéria assinada no dia 3 de agosto considerando que deveria ter havido mal interpretação do trabalho citado. No dia 11 de agosto de 1991, o JM publicou sua fonte de informação para a notícia, e sustentou as informações. Foi ainda publicado no dia 26 de outubro que os técnicos da CNEN entraram em greve por melhores salários e que devido à greve as instalações nucleares do país não estavam sendo fiscalizadas.



O ano de 1992 iniciou com notícias sobre a atuação da nova diretoria a UB e as perspectivas de reinício da operação e da privatização da UB. No dia 8 de abril, foi noticiado que liminares concedidas pela justiça de Minas Gerais determinaram à UB a construção de um novo galpão para estocagem dos tambores contendo torta II onde deveriam ser guardados os tambores que estavam ao relento. Em entrevista dada à imprensa local o presidente da UB, José Milton Sampaio afirmou que, devido às dificuldades financeiras da empresa, a construção do galpão iria comprometer cerca de 300 empregados e pais de família que teriam que ser dispensados, o que poderia se constituir num sério problema social.

No dia 30 de abril, foi publicada matéria assinada por Paulo Tadeu D'Arcádia defendendo os empregados da UB ameaçados de demissão, acusando a empresa e os políticos da região de imprevidentes e conclamando a população para não aceitar passivamente o corte dos empregados, lutando por uma saída negociada que levasse em conta a questão social e um projeto de reaproveitamento da mão-de-obra existente.

No dia 4 de maio, os empregados realizaram paralisação protestando contra as demissões. A diretoria da empresa informou que seriam demitidos apenas aqueles empregados que estavam ociosos, estimados entre 50 a 60% do atual quadro da empresa. No dia 7 de abril, foi realizada reunião entre a diretoria da UB, sindicalistas, o Prefeito Sebastião Navarro Vieira Filho e vereadores de Poços de Caldas, além de centenas de empregados que lotaram as dependências da Câmara Municipal, sem que se chegasse a um acordo. A diretoria da UB informou que Furnas havia suspenso a compra de urânio da UB há dois anos, esgotando assim todas as alternativas de viabilizar o aproveitamento da mão-de-obra e que restavam agora as possibilidades de privatização, do arrendamento das instalações para a iniciativa privada e da exportação de urânio, proibida por lei. Informou também que a Bayer e a Paranapanema estavam interessadas no arrendamento das instalações.

No dia 20 de maio, foi publicada denúncia da Comissão Nacional dos Trabalhadores em Energia Nuclear (Contren), da Fundacentro e das Delegacias Regionais do Trabalho (DRT) de São Paulo e Belo Horizonte que a nascente do rio Verde estaria contaminada com rejeitos radioativos vindos do CIPC e que a UB não estava realizando os exames médicos regulares em seus empregados. Fernanda Giannazzi, engenheira de segurança do DRT/São Paulo, denunciou que vários tambores enterrados nas proximidades do rio estavam se rompendo e que os tambores com torta II estocados a céu aberto apresentavam índice de radiação até 200 vezes acima do tolerado. A DRT/Belo Horizonte

ficou de emitir um laudo técnico com o qual o Promotor de Justiça Galucyr Antunes Modesto poderia solicitar a realização de novos exames no local por um grupo constituído por representantes da CNEN e da Contren. A diretoria da UB negou as acusações, as quais classificou de exploração política do assunto.

No dia 5 de junho, foi publicado comentário sobre a reportagem do Jornal Hoje em Dia de Belo Horizonte, sob o título “*Radioatividade ameaça trabalhadores e mananciais*” publicada no dia 3 de junho. A denúncia era da Deputada Sandra Starling do PT que solicitou ao Procurador da República instauração de um inquérito civil público e penal para apurar os possíveis danos que a UB estaria cometendo contra o meio ambiente do município de Caldas.

No dia 7 de julho, foi noticiado que a CNEN determinara o fechamento da Usina de Santo Amaro (USAM), localizada em São Paulo, pertencente à Nuclemon, onde era processada a areia monazítica e produzida a torta II. O jornal informa que estava sendo cogitada a transferência de mais produtos e rejeitos daquela planta para Poços de Caldas e conclama os prefeitos vereadores e autoridades para tomarem providências no sentido de evitarem a transferência. No dia 9 de junho foi publicado desmentido da UB, lembrando as determinações judiciais que proibiam o transporte e no dia 10 de junho a informação dada era que o material iria para Rezende no Estado do Rio de Janeiro.

No dia 13 de junho, em artigo assinado sobre a II Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio 92, o jornal analisou o comportamento das empresas da cidade e embora não criticando a UB, discutiu o problema da torta II. No final do ano a notícia era a passagem da UB para o MME e o ano de 1993 começou com artigos defendendo a UB.

Em 20 de abril de 1993, a UB enviou ofício à Câmara Municipal de Poços de Caldas prestando informações sobre as denúncias de órgãos da imprensa local denegrindo a empresa o que foi motivo de debate na Câmara Municipal no dia 20 de abril.

Após notícias de mudanças na direção da empresa e sobre visita do novo superintendente, Coronel Alcyr Maurício, ao Prefeito de Poços de Caldas Luiz Antônio Batista, foi noticiado no dia 3 de junho de 1993, que a UB voltaria a funcionar a todo vapor. No dia seguinte, a notícia foi confirmada e de fato a operação foi reiniciada naquela semana. A notícia foi repetida por vários dias, destacando-se a produção para os próximos dois anos incluindo o urânio produzido com o tratamento da torta II. Foram destacados o permanente monitoramento da CNEN e as receitas operacionais da produção incluindo empregos e tributos de vários milhões de dólares. O jornal também ironizou os ecologistas

mal informados que chamavam a torta II de lixo atômico. Foi um período de euforia, voltando as notícias de apoio da UB a eventos tal como o 7º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia que se realizou na cidade em setembro de 1993 e elogios aos diretores da empresa.

Em 27 de fevereiro de 1994, foi noticiado que a UB iria novamente voltar às suas atividades o que garantia mais de 400 empregos na região e que no dia seguinte uma comissão composta dos professores Luis Pingueli Rosa e Odair Gonçalves, a pedido do Juiz de Direito Ronaldo Tovani estariam na empresa para vistoriar e dar parecer sobre as condições de estocagem da torta II. Foi também publicado artigo assinado pelo Prefeito de Caldas, Milton Campos, falando da importância da volta das atividades da UB e criticando aqueles que se colocaram contra o empreendimento no passado.

No dia 21 de setembro, foi publicada a notícia *“São Paulo manda material radioativo para Poços de Caldas”* informando que 732 t de DUA e 500 t de torta II seriam transferidas da USAM para o CIPC, com aprovação judicial. Segundo informação do presidente da INB, Roberto Nogueira da Franca, o plano era transportar o material até dezembro. Em 22 de setembro foi publicada entrevista com o Juiz de Direito Ronaldo Tovani, que iniciava uma grande campanha para evitar o transporte. Em esclarecimento dado pelo diretor de recursos minerais da INB, Sérgio Antônio Majdalani, a empresa explicou que havia solicitado o licenciamento da CNEN para o transporte e tratamento da torta II no CIPC. No dia 23 de setembro, a manchete foi *“Caldas: carga radioativa é rejeitada por Juiz e Prefeito”*. Na reportagem, o Juiz de Direito e o Prefeito Milton Campos lamentaram a transferência do material afirmando que não traria benefício algum à cidade e informaram que os governadores Luís Antônio Fleury, de São Paulo e Hélio Garcia, de Minas Gerais estariam reunidos e aproveitariam a oportunidade para discutir o assunto. O governador mineiro assumiu o compromisso de levar o problema ao Presidente da República Itamar Franco. O Deputado Federal Carlos Mosconi enviou correspondência ao Presidente da República solicitando enérgica interferência contra o que seria um crime contra a região e a sua riqueza turística. O deputado classificou o ato de uma agressão ao Estado de Minas Gerais e às cidades de Caldas e Poços de Caldas. No dia 24, foi publicado protesto de Hélio Costa, candidato ao Governo do Estado, no qual afirma *“No tempo que Minas possuía força e prestígio nacional, os paulistas sequer pensariam em transformar o nosso território em depósito de lixo”* e a acusação do juiz Tovani de que o Governador Hélio Garcia estava sendo omissos na defesa do estado. No dia 27 de setembro, foi a vez do candidato a senador pelo PT, Virgílio Guimarães repudiar a

vinda do lixo atômico. Nesse mesmo dia foi noticiado que o Prefeito Luís Antônio Batista, que havia concedido entrevista contra o transporte da torta II para a região no jornal O Estado de Minas no dia 23 de setembro, falaria sobre o assunto como convidado da Associação Comercial de Minas Gerais, em Belo Horizonte. Também estariam presentes o Vereador Antônio Carlos Pereira, de Poços de Caldas, o Prefeito de Caldas e o Juiz de Direito daquela comarca. O Prefeito de Poços de Caldas declarou, conforme publicado no dia 29 de setembro, “*A comunidade não permitirá que Poços seja um depósito de lixo atômico*”. O assunto também foi bastante discutido na reunião da Câmara Municipal de Poços de Caldas realizada no dia 27 de setembro. Ainda no dia 29, foi noticiado que o Vereador Rogério Aparecido Caldas da cidade de Andradas havia solicitado ao Promotor de Justiça da sua cidade, Nívio Leandro Previato uma petição para que fossem tomadas medidas para impedir a passagem do material através da cidade. O Juiz de Direito de Andradas, Juarez Raniero, concedeu liminar impedindo o trânsito do material pela cidade com a justificativa que o mesmo colocaria em risco de contaminação o meio ambiente e a saúde da população da cidade. No dia 28 foi publicada uma nota de esclarecimento do superintendente do CDTN-CNEN de Belo Horizonte, informando as quantidades de torta II existentes no país, os locais de estocagem, que o material não apresentava maiores riscos radioativos e que seria processado após receber licença da CNEN. Esclarece também que a CNEN não havia autorizado nenhum transporte de material de São Paulo para Minas Gerais. Nesse mesmo dia foi publicado que o Presidente Itamar Franco havia recebido Eduardo Azeredo, candidato ao governo de Minas Gerais pelo PSDB e pedido para que transmitisse a todos os mineiros que ele determinara que não fosse feita qualquer transferência de lixo radioativo para Minas Gerais.

Nos dias 11 e 12 de outubro de 1994 foi noticiado que a Assembléia Legislativa do Estado de Minas Gerais formou uma comissão para visitar o CIPC e avaliar as condições da área destinada ao depósito do material radioativo. A visita foi feita pelo Deputado Gilmar Machado do PT, vice-presidente da Comissão de Meio Ambiente da Câmara e o assessor de imprensa da Assembléia Legislativa do Estado e foi acompanhada pela imprensa da região. A comissão foi recebida pelo diretor da INB Sérgio Majdalani que reafirmou que a Torta II não era lixo atômico e não oferecia perigo para população e para o meio ambiente. Informou que os Drs. Luís Pinguelli Rosa e Odair Gonçalves, da UFRJ, peritos nomeados pela justiça de Caldas haviam aprovado as condições de armazenamento do material no CIPC. Informou também que pretendiam, assim que fossem solucionadas as causas existentes na justiça, transferir as 532 t de torta II da USAM para o CIPC e que a torta II ainda não

fora processada porque a operação era economicamente inviável. O diretor informou também que as 700 t de urânio que seriam extraídas das 12.530 t de torta II poderiam fazer com que a usina de Angra do Reis tivesse combustível para recarga durante 9 anos. A quantidade de urânio informada estava errada.

Em 1995, as notícias foram em relação ao fechamento da UB que se daria em 1997 devido ao aumento da produção para atender as necessidades de urânio para a carga do reator da Usina de Angra II. O assunto foi notícia diária entre 22 e 26 de outubro, quando se realizava no CIPC uma visita organizada pela Associação Brasileira de Energia Nuclear (ABEN) em que foi discutida a otimização dos projetos nucleares do Brasil. O diretor da ABEN, Guilherme Camargo, declarou: *“queremos que as informações sobre energia nuclear cheguem ao público sem preconceitos e isentas”*. Na ocasião, a INB reafirmou sua intenção de procurar novas alternativas para aproveitamento das instalações do CIPC e que os empregados seriam reaproveitados em outros projetos da empresa, na Bahia e no Rio de Janeiro. O gerente de Segurança e Proteção Radiológica do CIPC, Carlos Nunes informou que a empresa deveria gastar de 15 a 20 anos para fazer a reconstituição ambiental da mina de urânio do Planalto de Poços de Caldas e que os estudos das características físicas, biológicas e químicas do local já estavam em andamento visando a reconstituição. Informou também que o reflorestamento não estava condicionado à extração do urânio, mas era um procedimento comum da área de mineração. O geólogo Hélio Antônio Scalvi afirmou que após a recuperação não haveria problemas entre os animais e a radioatividade que existe no lugar.

O ano de 1996, foi ano de poucas notícias sobre a INB. Em 23 de janeiro foi noticiado o acordo assinado entre o Brasil e a Índia para aproveitamento do tório contido nas areias monazíticas e no dia 7 de março, que haveria a desmontagem da USAM, e que a torta II ali estocada seria transferida para o CIPC após resolvidas as questões jurídicas pendentes mas, sem maiores repercussões. No dia 18 de dezembro foi noticiado que o Tribunal de Justiça de Minas Gerais acatou o recurso do Ministério Público que impedia a passagem de DUA e torta II pelas ruas da cidade de Andradás. A liminar de 1994 havia sido cassada pelo Juiz da Comarca em agosto de 1995 mas o Ministério Público entrou com recurso apelatório e agora havia ganho. O tribunal afirmou que não poderia ser proibido o transporte, impedindo a empresa de funcionar mas, que esta deveria usar rotas alternativas, evitando passar dentro da cidade.

Em 13 de maio de 1997, foi noticiado que a INB estava sendo investigada pelo senado a pedido do Senador Arthur da Távola. Sobre o assunto o presidente da INB, Roberto da Franca afirmou ao jornal que aguardaria para falar em juízo e que havia uma fofoca muito grande envolvendo a INB.

Entre junho e agosto o noticiário esteve voltado para o XI Encontro Nacional de Física Nuclear e Termo-Hidráulica e o IV Encontro Nacional de Aplicação Nuclear realizado de 18 a 22 de agosto em Poços de Caldas. Além de visitas ao CIPC e elogios de pesquisadores internacionais ao empreendimento foi publicada reportagem sobre a valorização do turismo que estes tipos de eventos traziam para a cidade.

No dia 14 de outubro, foi noticiado que em reunião realizada na FEAM, em Belo Horizonte, a diretora do departamento ambiental e presidente do Codema de Poços de Caldas, geóloga Angela Maria dos Santos, conseguiu que fosse retirado da pauta de decisões da Câmara de Poluição Industrial, o processo que tratava do transporte de rejeitos radioativos através do município. A polêmica teve início quando o Copam publicou um comunicado de solicitação de transporte de torta II da USAM para o CIPC. Segundo a diretora a comunidade só ficou sabendo deste transporte através deste comunicado o que, dentro dos procedimentos legais não poderia acontecer e que o município deveria ser avisado antecipadamente, e que o assunto deveria ser motivo de audiência pública.

No dia 11 de novembro, o presidente da INB, Roberto da Franca apresentou as atividades da INB na Câmara Municipal de Poços de Caldas onde afirmou que as polêmicas sobre o transporte eram desnecessárias uma vez que a empresa seguiria as decisões judiciais sobre o assunto. Informou que o CIPC já estava tratando com sucesso a torta II e modernizando sua fábrica de ácido sulfúrico e enfatizou os cuidados com a proteção ambiental e a necessidade da aprovação do transporte pela CNEN. A notícia foi dada no dia 13 de novembro. No dia 16 de novembro, foi publicada entrevista com Roberto da Franca, na qual ele fez análise das severas e injustas críticas e campanhas de descrédito que a tecnologia nuclear sofria no mundo, das afirmações absurdas que se faziam e afirmou que o setor nuclear exigia o respeito e justiça, para continuar desenvolvendo uma tecnologia muito melhor do que a sua fama. As perguntas giraram em torno dos mesmos assuntos, o que era torta II, o medo da população de que seria trazido mesotório para o CIPC, o destino da torta II no CIPC, a falta de transparência da INB e, uma pergunta nova, se o CIPC tinha EIA/RIMA aprovado pelo Ibama. O presidente da INB respondeu que a implantação do CIPC se dera antes da existência da legislação que exigia a elaboração do EIA/RIMA, e que a empresa havia atendido a todas as exigências legais

existentes na época da implantação além de ser freqüentemente inspecionada pela CNEN e outros órgãos reguladores.

No dia 5 de dezembro, foi noticiado que o ambientalista Vilmar Berna, presidente da entidade Defensores da Terra, esteve no CIPC para verificar como estava sendo tratada a questão ambiental pela INB. O ambientalista informou que sua preocupação era com a grande cratera que era a cava da mina e saber quais os planos da empresa para sua recuperação, elogiou a abertura da INB e o trabalho que estava sendo feito no local no sentido de proteger o meio ambiente. Afirmou também que era impossível retirar minério sem degradar o meio ambiente mas que era importante que isso fosse feito de modo a causar o menor impacto possível.

No dia 28 de fevereiro de 1998, foi publicada matéria assinada em conjunto pelo Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias Extrativas de Poços de Caldas, Caldas e Andradadas, Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias de Prospecção, Pesquisa e Extração de Minérios do Rio de Janeiro e o Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias Químicas, Farmacêuticas e Similares do Sul Fluminense *“com a finalidade de denunciar, expor e relatar, fatos graves que ocorreram e estavam ocorrendo no CIPC”*. Os sindicalistas rememoraram as tentativas de demissões ocorridas em 1992 e denunciaram a nova estratégia da empresa que diminuiu seu quadro de funcionários de 400 para 180 pessoas, através de demissões de pequenos grupos para não causar impacto social. Foi denunciado também que a operação e a segurança da instalação estavam comprometidas devido ao pequeno número de empregados e acusaram Roberto da Franca de não ter compromisso com a região e querer apenas limpar o terreno em São Paulo, trazendo o lixo para Poços de Caldas. A carta toca num aspecto interessante: que a empresa era estratégica e que não havia sido construída para dar lucro, logo as demissões e o lucro eram desnecessários.

O ano de 1999 iniciou com reportagem no dia 23 de fevereiro sobre os esforços da INB para fechar parceria com o Grupo Paranapanema visando a implantação de uma unidade industrial para produção de compostos de nióbio e tântalo dentro do CIPC. O investimento previsto era US\$ 10 milhões, para a produção de 65 t de óxido de tântalo e 640 t de óxido de nióbio. Com o empreendimento, a INB faturaria R\$ 4 milhões e produziria 30 t de DUA numa primeira fase e 200 t numa segunda fase do projeto. No dia 16 de junho foi anunciada uma nova etapa de extração mineral em Poços de Caldas que era o tratamento químico da monazita, para produção de terras raras. A

reportagem explica a utilidade das terras raras e informa que a adaptação da unidade industrial para o processamento estava praticamente terminada.

Nos dias 1º e 2 de julho, foi divulgada nota da Associação dos Servidores da CNEN - Poços de Caldas sobre a realização do dia nacional de luta por todas as unidades da CNEN. O motivo era fazer face ao brutal corte orçamentário de 75% feito pelo Governo Federal. A nota apresentava explicações sobre a importância das atividades da CNEN e a atuação do Laboratório de Poços de Caldas na fiscalização das instalações nucleares e radioativas da área mineral e enumerava todas as atividades que seriam prejudicadas com o corte orçamentário, destacando a monitoração ambiental da região. O Prefeito, Geraldo Tadeu apoiou o movimento e se dispôs a tomar medidas junto ao governo de estado para ajudar a impedir o corte orçamentário.

No dia 8 de agosto, foi noticiado que a INB iria transportar, nos próximos dias, 400 t do monazita para o CIPC. A notícia informava que a empresa havia solicitado ao Ibama pedido de Licença de Operação para o transporte e previa que este fato deveria gerar nova onda de protestos na região. A reportagem publicou informações do Gerente do CIPC, Diniz Alberto Oliveira de Rezende sobre as 400 t de material que se destinavam a um teste pré-operacional para ajuste da unidade, sobre as utilidades das terras raras e sobre os novos projetos da INB para o CIPC. Foi uma reportagem extensa onde a empresa teve oportunidade de explicar com bastante detalhe seu processo.

As reações previstas pelo jornal foram publicadas no dia 7 de outubro, com notícias sobre reunião da Câmara Municipal de Caldas, realizada em 5 de outubro para debater o projeto de lei do Vereador Ubirajara Brasil Teixeira - PMDB, que impedia o transporte do material radioativo através da cidade. Os alunos de um colégio local fizeram 50 perguntas aos vereadores, que não souberam responder e por isso solicitaram a presença de técnicos especializados no assunto. A votação foi adiada para depois de uma audiência pública realizada no dia 8 de agosto, quando houve explicação técnica dada pelo superintendente de licenciamento e controle da CNEN, Ivan Pedro Salati de Almeida e outros representantes da CNEN e da INB. Após a audiência pública, foi aprovada a lei que dispõe sobre a proibição do transporte de material radioativo no perímetro urbano do município de Caldas. O Prefeito Geraldo Garcia Franco, do PFL, sancionou a lei no dia 4 de novembro de 1999. No mesmo dia, o Vereador de Poços de Caldas, Waldemar Lemes Filho do PMDB, informou que entraria com projeto semelhante pois Poços de Caldas era, depois de sancionada a lei em Caldas, a única rota possível para o transporte. O Prefeito de Caldas informou que sancionou a lei porque 78% da



população foi contra o transporte. Segundo o jornal, a INB foi pega de surpresa pelo movimento de moradores da cidade.

O Vereador Waldemar Lemes Filho apresentou o projeto em reunião realizada no dia 9 de novembro. Antes da reunião houve intensa manifestação de cerca de 40 funcionários da INB, que reuniram-se com o vereador e distribuíram panfletos na cidade, o que foi noticiado com a seguinte manchete no dia 10 de novembro *“Funcionários da INB pressionam a Câmara”*. Segundo o vereador, o projeto justificava-se, *“uma vez que a energia nuclear toma cada vez mais espaço em nossa vida, em decorrência dos benefícios por ela proporcionados, há que se estabelecer critérios para um planejamento e controle seguro para esses rejeitos ou materiais radioativos provenientes de lavra e tratamento de minério que contenham urânio e tório”*. O projeto foi notícia nos dias 11 e 12 de novembro, de um lado porque o Vereador Paulo César Filho - PT que, embora considerando o projeto legítimo, uma vez que a INB errou demais por não orientar corretamente a população, defendia a necessidade de ouvir os empregados da INB pois não se poderia aprovar projetos que fechassem empresas e acabassem prejudicando algumas pessoas, sem ter a certeza dos fatos. Por outro lado porque o advogado Leopoldo Bougeard, ex-funcionário da INB, que aplaudiu a proposta da câmara e alertou que os políticos mineiros deveriam chamar a atenção do Governador Itamar Franco sobre o assunto. A posição do advogado que usou a palavra na câmara dos vereadores foi expressa na frase publicada no dia 12 de novembro defendendo sua posição. *“Acho o projeto muito válido. Trabalhei na INB por dez anos e não tenho nada contra a empresa e muito menos contra os funcionários, porém acho que a administração é incompetente e desleal em relação ao povo de Poços de Caldas e de Caldas. Eles sempre foram omissos em passar informações corretas sobre o assunto para todo o Planalto de Poços de Caldas”*.

No dia 21 de novembro, foi publicado que os vereadores de Caldas estavam pensando em revogar a lei que proibia o transporte da monazita pela cidade, segundo informações do presidente da Câmara Municipal, Gabriel Garcia Filho do PFL, durante a mesa redonda denominada *“INB em debate”* realizada pela comunidade de Caldas. A reunião, segundo o jornal, durou mais de 4 horas e foi bastante tumultuada, num salão repleto de população e funcionários da INB, contou com a participação de Neildo de Souza Jorge representante do Contren, Matias Pulga Sanches da ABEN, Alexandre Oliveira da INB e Ruy Góes do Greenpeace. Os representantes da INB e da ABEN reafirmaram a posição das empresas de que não havia riscos para população de Caldas e que não havia risco adicional

devido a um possível espalhamento do material e que em Guarapari este material estava espalhado e formava a praia da Areia Preta.

O ano foi encerrado com a publicação, no dia 23 de novembro, da proposta do Secretário de Turismo de Poços de Caldas, Marcos Togni, considerada inusitada pelo jornal, de desativar a INB e transformar suas instalações em um ponto turístico para os municípios de Poços de Caldas e Caldas, onde se poderia visitar o local de onde tinha sido extraído o urânio e se conhecer todas as instalações da usina. O secretário lembrou também a proposta que o Prefeito Geraldo Tadeu havia levado a Brasília, para aproveitamento da área para a instalação de um aterro sanitário.

Em 2000, a INB voltou a ser notícia no dia 1º de março, com a manchete “*Lixo atômico: promotor pede explicações sobre depósito em Caldas*”. Segundo o jornal, o Promotor de Justiça José Eduardo Souza Lima iria enviar à direção da estatal uma série de perguntas relativas às denúncias de moradores de Caldas de que a INB estava transformando o CIPC em depósito de lixo atômico. O jornal informava que as respostas seriam analisadas por um físico nuclear isento, não ligado ao governo federal e nem a organizações não governamentais, a ser indicado pela Justiça.

No dia 10 de março, o jornal publicou a manchete “*Minas proíbe entrada de lixo atômico*” informando que segundo a assessoria do Governador Itamar Franco, ele não queria o transporte de materiais radioativos no Estado. A assessoria informou que havia lei estadual elaborada no governo Newton Cardoso que proibia tal transporte. Informou também que a INB não estava operando porque não tinha licença do Ibama e que a Secretaria do Meio Ambiente e a FEAM só iriam se manifestar após audiência pública a ser realizada em Caldas e que na próxima semana um grupo formado pelo Secretário Adjunto do Meio Ambiente, representantes da FEAM e por engenheiros nucleares e geólogos da UFMG, visitaria o CIPC para se inteirar do assunto. Segundo o jornal, a decisão do Governador foi motivada após a intensa movimentação de um grupo de moradores de Caldas que, em outubro de 1999, flagrou no município um caminhão carregado com monazita e porque os moradores da cidade temiam que a INB transformasse o CIPC num depósito de lixo atômico. No dia 11 de março foi noticiado que o Tribunal de Justiça de Estado de Minas Gerais impediu definitivamente o transporte de monazita por Andradas, o que deixava como única alternativa a passagem do material via Campinas, passando por São João da Boa Vista, Águas da Prata e Poços de Caldas. O jornal destaca também notícias veiculadas no jornal O Globo sobre a inauguração de Angra II, analisando o fato do Brasil não ter local definido para depósito do lixo produzido nas usinas nucleares.

A comissão criada pelo governo do Estado de Minas Gerais composta pelo Secretário do Meio Ambiente, Tilden Santiago, pelo seu Secretário Adjunto, Cláudio Bueno, pelo presidente da FEAM, José Cláudio Junqueira, visitou Caldas e o CIPC no dia 15 de março de 2000. Após a visita foi realizada em Caldas uma mesa redonda com participação de representantes da CNEN, da INB e da comunidade da cidade. Também estiveram presentes vereadores de Poços de Caldas. Tilden Santiago afirmou que seu secretário adjunto esteve na instalação há duas semanas e agora eles estavam ali para escutar a comunidade e procurar manter o diálogo entre a comunidade que se sentia prejudicada e os diretores da INB e informou que o Governador Itamar Franco era contra o transporte do material para Minas Gerais. As razões apresentadas pelo Secretário foram a necessidade de se ter um diagnóstico e conhecer os riscos que existiam com o material e conhecer os objetivos da INB caso realmente houvesse um incremento nas suas atividades.

O diretor de recursos minerais da INB fez uma apresentação dos projetos e investimentos da estatal na região ao longo dos 20 anos de existência, recordou a criação do Ibama, o que teria dado caráter obrigatório às licenças, e destacou que a empresa havia obtido um licenciamento coletivo para operar na região. Explicou as utilidades das terras raras e que a CNEN havia concedido licença para realização de um teste com 400 t de monazita e colocou a empresa à disposição para quaisquer esclarecimento. O diretor da INB foi questionado pelo presidente da FEAM que afirmou que a INB nunca possuiu licença para exercer suas atividades no Planalto de Poços de Caldas, e que operava na região em total desrespeito à legislação federal e estadual, salientando que nenhuma estatal brasileira respeitou a legislação ambiental nos anos 1980. O presidente da FEAM informou que atuaria respeitando a CNEN e o Ibama, mas que o estado tinha o direito de opinar e que a licença em Minas Gerais havia sido indeferida e arquivada. O prefeito de Caldas aproveitou a oportunidade e solicitou ao secretário providências junto ao governador para asfaltar a estrada que liga Caldas a Andradadas, antiga reivindicação das duas cidades, o que na prática iria melhorar o acesso à INB através do município de Caldas.

Nessa mesa redonda, ficou decidida a formação da Comissão Permanente de Acompanhamento Ambiental de Caldas (CPAAC), formada por representantes da Secretaria Estadual de Meio Ambiente, CNEN, INB, poderes executivo e legislativo de Caldas, Codema, ONGs ambientalistas e empresários de Caldas para dirimir cada uma das dúvidas levantadas sobre o assunto. Segundo as regras desta comissão, a mesma poderia desenvolver esforços para obter informação

segura e independente sobre cada assunto e, após o conhecimento de causa repassar as informações para a população. A comissão reuniu-se algumas vezes e a CNEN ministrou cursos sobre radioatividade e proteção radiológica visando nivelar o conhecimento dos componentes mas a INB acabou retirando seus representantes da mesma, assumindo o compromisso de comparecer sempre que solicitada. Depois disso não houve mais notícias sobre reuniões da comissão.

No dia 17 de março, foi noticiado que o Secretário do Meio Ambiente, em reunião realizada na Câmara Municipal de Poços de Caldas, com representantes do PT e do PMDB, admitiu a possibilidade de usar a polícia para impedir o transporte de materiais radioativos para Minas Gerais. No dia 23 de março, foi noticiado que o Governador Itamar Franco iria realmente fechar as fronteiras para os caminhões que estivessem levando materiais radioativos para o CIPC, em operação policial que se iniciaria às zero horas do dia 24 de março. A operação foi executada utilizando-se barreiras policiais em todas as estradas que davam acesso à INB e até um helicóptero que durante duas semanas ficou sobrevoando a região. Ainda no dia 21 de março, o engenheiro Resk Frayha esteve na Câmara Municipal de Poços de Caldas para prestar esclarecimentos sobre a polêmica situação da INB e o transporte e armazenagem de materiais radioativos, por solicitação do Vereador Paulo César Filho.

A Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais solicitou ao Departamento de Engenharia Nuclear da UFMG que coletasse informações sobre as condições de funcionamento do CIPC e seu impacto sobre as condições ambientais nas áreas circunvizinhas, no que diz respeito ao perigo radiológico a que estão sujeitos o ambiente e a população. A comissão formada pelos professores Ângela Fontini Macedo Ferreira, Arno Heeren de Oliveira e Carlos Werth Urban visitou a região nos dias 17 e 18 de março, esteve no CIPC, onde requisitaram cópias de relatórios de radioproteção da instalação, coletaram amostras ambientais e realizaram medidas de taxa de exposição em diferentes locais. Depois reuniu-se com representantes da comunidade de Caldas e ficou de apresentar um relatório técnico sobre o assunto.

No dia 30 de março, foi noticiado que a INB demitira 30 empregados no dia 28. O sindicato realizou uma manifestação na entrada da empresa reivindicando a revisão das demissões. Para os empregados as demissões eram um recado claro da empresa contra a proibição do transporte de monazita. O presidente do sindicato denunciou que as demissões deixavam a região com um elefante branco, um depósito de lixo atômico sem medidas e com uma quantidade mínima de pessoas para monitorar tudo isso. Os representantes da INB informaram que a posição da empresa era procurar

preservar o máximo de empregos possíveis, não descartando a possibilidade das demissões serem revertidas e que as demissões deveram-se à necessidade de ajustes nos gastos da empresa e refutaram as diversas acusações feitas pelo presidente do sindicato.

No dia 1º de abril, foi noticiado que os representantes dos sindicatos estiveram reunidos na Câmara Municipal de Poços de Caldas discutindo os meios judiciais para reintegrar os empregados. Na reunião apresentaram fotos que mostravam o abandono em que se encontravam alguns setores do CIPC. O presidente da Câmara Municipal ficou de entrar em contato oficial com diversos órgãos federais, estaduais e municipais, incluindo o Ministério Público, manifestando a preocupação do legislativo com o possível comprometimento da segurança da INB no Planalto de Poços de Caldas e as consequências ambientais denunciadas pelo sindicato. No dia 28 de maio foi noticiado que a CNEN enviou ofício à Câmara Municipal de Poços de Caldas, em resposta à moção de apelo sobre a grave ameaça da estocagem de toneladas de materiais e rejeitos radioativos no CIPC, afirmando que mantinha pleno conhecimento e exercia a fiscalização sobre os materiais estocados e, que os riscos de acidentes radioativos no CIPC eram bastante reduzidos e que, caso acontecessem, seriam de pequena gravidade, sem consequências para a população ou para o meio ambiente. A CNEN informou também que até o momento não havia detectado diminuição da eficiência no SR do CIPC por falta de pessoal especializado.

Durante vários meses a INB desenvolveu intenso trabalho de esclarecimento da opinião pública realizando palestras aos mais diferentes grupos de interesse e distribuindo folhetos explicando à população a política da empresa, o que é monazita e torta II e os critérios de segurança que utilizava visando informar a população e conseguir seu a aprovação do empreendimento.

No dia 4 de julho, foi tornado público o relatório dos professores da UFMG através de notícia com a seguinte manchete “*UFMG aprova segurança na INB*”. De acordo com os professores da UFMG as medidas de proteção tanto de pessoal como do meio ambiente, levadas a cabo no CIPC encontravam-se de acordo com o recomendado e que a monazita e outros materiais que a INB queria transportar para o CIPC não se caracterizavam como lixo atômico e sim como matéria prima ou co-produto residual. A comissão considerou que a situação de desconfiança por parte da população foi criada pela falta da devida transparência para as populações circunvizinhas sobre as atividades desenvolvidas no local e afirmou que a população tinha todo o direito de conhecer as condições de operação, o controle ambiental e as monitorações realizadas no complexo industrial e na área externa, e

que para isso deveria ser estabelecido um programa prevendo a emissão de planilhas periódicas de monitorações e análises.

No dia 8 de junho, foi noticiado que na Câmara Municipal de Caldas, em sua seção do dia 6 de junho, estiveram presentes empregados da INB com faixas e cartazes reivindicando a revogação da lei que proíbe o transporte de material radioativo pelo perímetro urbano do município. Embora o assunto não constasse da pauta o Vereador Hugo Camacho Clarus Júnior deu entrada no projeto que revogava a referida lei. A lei foi revogada na reunião do dia 13 de junho. Segundo o jornal, em notícia publicada no dia 15 de julho, a revogação da lei foi considerada uma vitória da INB que demitiu vários empregados e ameaçava encerrar as atividades no município.

No dia 1º de agosto, o presidente da INB, Roberto da Franca esteve na Câmara Municipal de Poços de Caldas onde proferiu palestra sobre o empreendimento. A notícia foi dada com a manchete "*Palestra do Presidente da INB não agrada platéia*". A palestra cuja realização havia sido noticiada no dia 29 de julho, contou com a presença de representantes do Geenpeace, Ruy Goes e da engenheira do trabalho Fernanda Giannazzi. Segundo o jornal, o presidente da INB não esclareceu as dúvidas e nem causou boa impressão devido a discussão que teve com Fernanda Giannazzi sobre os tambores com torta II estocados ao relento. Roberto da Franca não aceitou a apresentação da engenheira porque considerou que aquele assunto era um problema ocorrido na gestão da diretoria anterior à sua e que o mesmo já havia sido solucionado há quase dez anos. Na reunião, o presidente da INB informou que os empregados demitidos não seriam reaproveitados, uma vez que não foram demitidos por afronta ou qualquer motivo e sim porque precisavam fazer um ajuste no quadro, uma vez que a empresa não estava produzindo. Esclareceu que a comunidade de Caldas já não se mostrava contrária às atividades da empresa e assumiu que os fatos foram provocados por falhas da INB em fazer seu trabalho de comunicação e esclarecimento à comunidade. Frisou também que seria muito importante que as pessoas tivessem confiança nas instituições e nos órgãos federais e estaduais que fazem o controle e regulam as empresas e que a INB queria fazer o melhor, pois, quem trabalha com tecnologia tem que ter cuidado pois corre risco. Informou ainda que a INB pediria licenciamento para processamento de todo material que puder ser tratado quimicamente para retirada de um rendimento dele, e que a torta II se enquadrava nesse tipo de material.

O ano foi encerrado com as notícias sobre a visita do grupo de geólogos responsáveis pela montagem do *Red Book*, cuja 30ª reunião foi realizada no Brasil. Os geólogos estiveram no CIPC em

23 de agosto de 2000, e fizeram declarações elogiando as instalações do CIPC, destacadas pela imprensa local nos dias 24 e 25 de agosto. Além das notícias referentes ao CIPC, o jornal praticamente publicou todas as notícias sobre energia nuclear e radioatividade que são veiculadas pela imprensa do Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte, dando cobertura detalhada sobre o assunto que é de muito interesse para a população da região.

### **6.3. Conclusão do Capítulo 6**

As reportagens da Folha de Poços dos idos de 1961, sobre a paralisação da construção da Usina de Beneficiamento de Caldasito Uranífero de Poços de Caldas e do Jornal da Mantiqueira dos idos de 1980 a 2000, sobre o CIPC evidenciam alguns comportamentos - da imprensa; da sociedade; de autoridades e políticos; dos responsáveis pelos empreendimentos; dos órgãos reguladores; e dos empregados -, que merecem ser destacados.

Esses jornais sempre apresentaram, como motivo de suas reportagens a respeito da indústria nuclear, a expressão dos interesses e sentimentos da população. Na década de 60 e 70, os anseios pela industrialização, pela geração de empregos, por uma universidade; nas décadas de 80 e 90 os temores dos malefícios da radiação. Contudo, a baixa participação da sociedade nas reuniões, mesas redondas e seminários, realizados principalmente nas décadas de 80 e 90 para debater essas questões, não evidenciaram mobilização, conscientização ou interesse social no assunto. Foi apenas no final da década de 90, com a realização de audiências públicas para decidir sobre a implantação da usina de tratamento químico de monazita no CIPC, que a mobilização e participação da sociedade, pressionando as autoridades e influenciando o processo decisório, se realizou de maneira concreta e efetiva. Esta participação evidencia a mudança de comportamento da sociedade e o reconhecimento de valores em relação à proteção do meio ambiente e das riquezas naturais da região.

As autoridades dos poderes executivo, legislativo e judiciário locais sempre procuraram colaborar para o equacionamento dos problemas e no esclarecimento das dúvidas e denúncias, conseguindo, até de maneira que se pode considerar interessante, um rápido envolvimento dos poderes estaduais e federais, procurando, para suprir seu desconhecimento do assunto, formar comissões de especialistas visando responder aos questionamentos e denúncias.

É também interessante o posicionamento dos políticos. Segundo eles suas denúncias sempre visaram atender insistentes solicitações da população, mas suas denúncias ou pedidos de providências raramente foram feitas quando eles estavam revestidos de cargos e geralmente se verificaram em períodos pré-eleitorais e sempre bateram na mesma tecla - falta de informações da empresa, riscos para a população, interesses do Estado de Minas Gerais sendo preteridos - e freqüentemente levantavam questões já debatidas e esclarecidas nos inúmeros seminários e mesas redondas realizados na região.

Os responsáveis pelos empreendimentos, no transcorrer das décadas de 60 até 90, não desenvolveram esforços para o esclarecimento, pelo menos dos formadores de opinião, das diferenças entre os riscos inerentes à exploração da energia núcleo-elétrica e os riscos que a mineração de urânio e a estocagem de torta II no CIPC representavam e representam para a saúde da população e ao meio ambiente local. A participação da sociedade não era considerada importante sob o ponto de vista da viabilização do empreendimento, até porque de 1964 até 1985 a nação esteve submetida a um regime militar no qual o cenário atual de envolvimento da sociedade era impensável. A ausência de uma política voltada para o esclarecimento da opinião pública fica evidente ao verificarmos que, apesar de todas as comissões constituídas por autoridades do executivo, legislativo e judiciário terem concluído que não havia no CIPC risco nuclear para a população e o Jornal da Mantiqueira ter publicado na íntegra os relatórios dessas comissões, os responsáveis pelo empreendimento não souberam usar estes fatos para, pelo menos, tentar desenvolver um trabalho organizado com o fim de manter a opinião pública esclarecida e neutra em relação ao empreendimento. Parece-nos que a opção, durante muito tempo, foi a de incentivar comentários elogiosos à direção do empreendimento como forma de demonstração de capacidade gerencial. Somente no final da década de 90 e início dos anos 2000 é que o empreendedor estatal começou a mudar seu comportamento mas consideramos que ainda está longe de desenvolver uma política no sentido do envolvimento pró-ativo da sociedade local. Exemplo positivo nesse sentido foi a declaração do atual presidente da INB na Câmara Municipal de Poços de Caldas ao deixar claro que a intenção da empresa era processar, de acordo com a legislação vigente no país, qualquer material que fosse economicamente viável por considerar que sua operação era segura e compatível com a economicidade do processo.



Dois erros gerenciais do empreendedor que sistematicamente se verificam em relação à cobertura jornalística analisada são as publicações de intenções do empreendedor de implantar novas unidades industriais no CIPC, apresentadas ao público como fonte de renda e empregos para a região, e que nunca se concretizaram, mesmo porque eram intenções e não projetos acabados e licenciados e o uso freqüente de manchetes pejorativas quando se referia a torta II e outros materiais estocados no CIPC. Estes dois assuntos merecem uma política específica caso o empreendedor queira merecer a confiança da população. O empreendedor também não soube ou não conseguiu explorar as inúmeras parcerias que desenvolveu atendendo as prefeituras e entidades da região.

As razões pelas quais os responsáveis pelo empreendimento não conseguiram obter o apoio da opinião pública devem ser objeto de estudo e investigação científica visando compatibilizar os interesse das partes envolvidas em busca de maior benefício para a sociedade local.

A inércia do empreendedor e dos órgãos reguladores para corrigir os impactos ambientais verificados nos anos de 1983 e 1984 e certas declarações de seus técnicos publicadas no Jornal da Mantiqueira evidenciam que os mesmos não estavam preparados, na época, para garantir à população a segurança esperada. Isto levou ao descrédito dos mesmos frente à sociedade local que inúmeras vezes tem procurado informações em outras fontes que não os órgãos governamentais encarregados de garantir a proteção do público e do meio ambiente. Outra inércia desses órgãos é em relação a noticiários alarmantes e incorretos e que não foram devidamente esclarecidos, papel esse que deveria ser ocupado principalmente pela CNEN. Pesquisadores da PUC-Poços de Caldas, da PUC-Belo Horizonte, da Unicamp e do Laboratório de Poços de Caldas, da CNEN, estão desenvolvendo pesquisa nesse sentido através do levantamento do nível de informação da sociedade do Planalto de Poços de Caldas sobre os riscos da radiação e da mineração de urânio visando atingir maior grau de confiabilidade nas informações que chegam ao público da região.

Os empregados, em defesa de seus interesses, também não titubearam em fazer denúncias alarmantes, alardeando a população sobre os riscos a que o empreendedor estaria expondo a população e o meio ambiente local, em decorrência da diminuição do número de empregados

ocasionada por demissões verificadas em diferentes épocas. Este comportamento, incentivado pelo Contren.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa que gerou esta tese teve, inicialmente, a tarefa de elaborar um retrospecto da indústria mineral do urânio e de sua evolução desde a segunda metade do século XX, balizado pelos aspectos do estado da arte da indústria, da política e legislação, do papel das agências reguladoras, e dos impactos sociais e ambientais verificados, visando examinar especificamente a questão do gerenciamento e da tecnologia de fechamento definitivo de minas e usinas de urânio. O método adotado foi o da revisão bibliográfica, focada em países de destaque no cenário mundial, selecionados com base em critérios objetivos: a Austrália e o Canadá, que são os maiores produtores e exportadores de urânio; a França, que detém o controle de mais da metade das reservas mundiais de urânio; e os EUA, que são os maiores consumidores de urânio além de terem sido grandes produtores em passado recente.

A partir dessa análise, elaboramos um modelo para o plano de fechamento definitivo para o caso do Complexo Mineral-Industrial do Planalto de Poços de Caldas, contemplando a necessária remediação do local, visando o descomissionamento da instalação. Para tanto, baseado na revisão da literatura sobre a experiência dos países estudados, apresentada, principalmente, no capítulo 4, e nas normas da CNEN e publicações da IAEA sobre o assunto, traçamos diretrizes, definimos objetivos e metas e recomendamos ações específicas a serem desenvolvidas para a consumação do processo de fechamento definitivo, remediação e descomissionamento do CIPC.

A seguir, à guisa de Conclusões e Recomendações, apresentamos: a) Síntese das conclusões de cada capítulo; b) Diretrizes para o fechamento definitivo, remediação e descomissionamento do CIPC; c) Objetivos e metas para o fechamento definitivo do CIPC; d) Ações administrativas recomendadas para o fechamento definitivo do CIPC; e) Ações específicas recomendadas para o fechamento definitivo da bacia de rejeitos; f) Ações específicas recomendadas para o fechamento definitivo das pilhas de bota-foras; g) Ações específicas recomendadas para o fechamento definitivo da cava da mina; h) Ações específicas recomendadas para fechamento definitivo das plataformas da mina e da usina; i) Ações específicas recomendadas para o fechamento definitivo das outras áreas do CIPC; j) Estratégias para o fechamento, definitivo remediação e descomissionamento do CIPC; k) Responsabilidades e custos.

## **a. Síntese**

### **• A Política Nuclear**

Há mais de 50 anos, o Governo Brasileiro deu os primeiros passos no setor nuclear, criando o CNPq para fomentar e controlar todas as atividades de pesquisa e industrialização, visando o aproveitamento da energia atômica e suas aplicações. Alguns anos depois, criou a CNEN, que recebeu a incumbência de desenvolver o Programa Nuclear Brasileiro, assumindo as atribuições que eram do CNPq.

Embora o Brasil ocupe hoje a sexta posição mundial como detentor de recursos minerais de urânio, as posições ocupadas por sua indústria do urânio e sua indústria núcleo-elétrica, no cenário mundial, são bastante modestas. A razão pode ser atribuída ao abundante potencial hídrico nacional que enseja uma política de geração de energia elétrica através da construção de um sistema de centrais hidroelétricas que produzem mais de 87% da energia elétrica do país, ficando a energia núcleo-elétrica com 2% de participação que, pelas previsões apresentadas, não deve se alterar a médio prazo. Mesmo assim, as projeções apontam para a necessidade de aumentar a produção atual de urânio para atendimento da demanda nos próximos 5 anos.

A produção de urânio no país, entre 1982 e 1997, foi feita exclusivamente pelo CIPC que, nesse período, operou efetivamente durante 11 anos, de maneira intermitente e pouco produtiva. A produção total de minério lavrado e de urânio nesse período corresponde respectivamente a 27% e 22% da capacidade nominal da instalação e, de fato, a usina teve uma operação efetiva de apenas 3 anos.

Além de modesto, o Programa Nuclear Brasileiro teve um desenvolvimento bastante tumultuado e pouco eficaz, com suas metas alteradas freqüentemente e seu andamento constantemente monitorado pela sociedade, tendo sido objeto de várias CPIs e investigações do Congresso Nacional. Dessa maneira, pode-se entender porque a intermitência operacional do CIPC não teve maiores consequências ou repercussões nacionais, uma vez que, sob regime de monopólio, a sua produção atendia a demanda e adequava-se a um programa que primava pela falta de cumprimento de seus prazos e metas.

Embora a partir do ano 2000, o Brasil venha conseguindo desenvolver um programa com a indústria núcleo-elétrica e a indústria do urânio funcionando, ainda não se pode visualizar

quando o Estado irá dominar a etapa industrial do enriquecimento e conseguir ter um programa nuclear completo, autônomo e ocupando posição expressiva no cenário energético nacional.

Um aspecto primordial a ser considerado em um programa nuclear é o papel das agências reguladoras. As indústrias do urânio na Austrália, Canadá, EUA, França e Brasil nasceram e cresceram incentivadas pelas agências reguladoras, criadas com o objetivo de incentivar a pesquisa e a produção de urânio, de modo a garantir recursos para atender suas necessidades. Na Austrália, Canadá e EUA as necessidades eram as dos programas de defesa dos EUA e da Inglaterra e, na França, eram para o desenvolvimento de seu próprio programa de defesa. No Brasil, as primeiras iniciativas de exploração mineral de urânio visavam atender as necessidades dos EUA e depois, com a criação do CNPq, desenvolver uma indústria nuclear voltada para os interesses nacionais. Esta tentativa demorou para dar resultados e a indústria nacional do urânio veio a nascer tardiamente, já na fase da exploração comercial da energia núcleo-elétrica, conhecida como a fase da indústria nuclear civil.

O modelo de agência reguladora que incentivava o uso pacífico da energia nuclear era o modelo preconizado pela IAEA e, mesmo com o crescimento desse ramo industrial, as agências mantiveram por várias décadas as características de promoção e regulação. Com as mudanças nos conceitos de preservação ambiental desde 1970, as atribuições das agências tiveram de ser reformuladas e a atribuição de promoção do desenvolvimento dos usos pacíficos da energia nuclear, separada da atribuição de regulação, com a finalidade de proteger o homem e o meio ambiente, mas ainda mantiveram o papel principal no processo decisório por algum tempo. Sucessivas alterações nas legislações de alguns países acabaram por separar totalmente a atribuição de promoção da de regulação, com as agências perdendo gradativamente seu poder de decisão, tendo de se submeter ao licenciamento das agências ambientais, geralmente em melhores condições de fazer exigências mais efetivas e estabelecer convênios para atuação conjunta. Mais recentemente, na última década do século passado, todos os países selecionados, com exceção do Brasil, deram mais um passo na direção dessa separação de papéis, reformulando suas legislações e demonstrando preocupação com o problema do rejeito radioativo, tanto na indústria mineral como na núcleo-elétrica. No Brasil, foram criadas empresas para a produção de urânio e de energia núcleo-elétrica mas, a CNEN ainda se mantém como agência promotora dos usos pacíficos da energia nuclear, produtora de urânio e reguladora, cuidando também da fiscalização

da proteção radiológica, do gerenciamento de rejeitos e da segurança nuclear. Enquanto nos outros países as coisas caminharam para a criação de agências específicas para o gerenciamento de rejeitos, a Lei 10.308, aprovada em outubro de 2001, que estabelece as normas para o destino final dos rejeitos radioativos produzidos no território nacional, continua atribuindo à CNEN o papel de produtor, regulador e fiscalizador ao mesmo tempo.

Consideramos que, para o futuro do Programa Nuclear Brasileiro, é importante e necessária uma separação orgânica da produção e incentivo, da regulamentação e fiscalização. Esta situação daria maior credibilidade à atuação da CNEN, tanto no país como no exterior.

Um outro aspecto importante dessa questão é que, como se poderia prever, através da análise dos fatos históricos dos países estudados, também no Brasil a agência de proteção ambiental tomou a iniciativa. O Ibama está condicionando a licença de novas instalações no CIPC à assinatura, pela INB, de um termo de ajuste de conduta entre as partes interessadas (Ibama, INB, FEAM - MG e Prefeitura de Caldas-MG), pelo qual as ações de remediação do local seriam desenvolvidas de acordo com um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). As negociações estão em andamento porém, dentre as agências reguladoras federais que necessariamente deveriam participar do processo (DNPM, Ibama, CNEN, Vigilância Sanitária), apenas a CNEN e o Ibama, através de um convênio de cooperação mútua, estão efetivamente envolvidas e trabalhando em conjunto com a FEAM-MG.

- **Os Impactos da Indústria do Urânio**

A análise do desenvolvimento da indústria mineral do urânio nos países estudados permite verificar que, de início, devido à falta de legislação adequada, conhecimento e vontade política, foram adotadas medidas simplistas que acarretaram significativos impactos ambientais e sociais que só começaram a ser mitigados quando a sociedade tomou consciência dos possíveis danos que o mal gerenciamento dos rejeitos da indústria poderia causar ao ser humano e ao meio ambiente e passou a exigir normas mais rígidas. Constatou-se, nessa época, que havia, em todos esses países, milhões de toneladas de rejeitos de minas e usinas abandonados, poluindo o meio ambiente, o que vem demandando intensiva aplicação de recursos financeiros para remediação. Os governos federais e estaduais acabaram por assumir os custos da remediação das minas antigas e os proprietários das minas que foram desativadas após a aprovação das novas leis foram obrigados

a assumir seus passivos ambientais. Para assegurar a remediação, os governos têm exigido a constituição de fundos de reserva para a aprovação de novos empreendimentos.

O Brasil teve a vantagem de ter começado sua indústria nuclear um pouco mais tarde, depois que muitos erros já foram cometidos e poderia ter aprendido a evitá-los. Mas, apesar dos problemas terem sido e continuarem a ser divulgados na literatura para esse aprendizado, o governo não preparou os técnicos envolvidos tanto no gerenciamento e execução do empreendimento, como na sua fiscalização, para prever os problemas de poluição ambiental em sua primeira mina de urânio e, ainda que tenha construído uma barragem de rejeitos, um avanço frente às minas de outros países estudados, acabou cometendo erros e enfrentando problemas. Nesses casos, questiona-se a participação da UPUK, empresa francesa executora do projeto do CIPC. A França já estava produzindo urânio há mais de 20 anos e tinha problemas de drenagem ácida nas suas minas mas, parece-nos que, o projeto brasileiro foi, como o início da indústria mineral de urânio nos países estudados, considerado uma mina convencional, semelhante a qualquer outra.

Somem-se a isso as condições de estocagem de tambores contendo torta II e mesotório, transferidos de São Paulo para o CIPC, e a morosidade das ações para melhorar essas condições, que só foram tomadas após exigência judicial. O raciocínio evidente da sociedade poçoscaldense, registrado nos jornais é que: "levaram o nosso urânio e estão trazendo lixo e além disso esse lixo está mal guardado". Para a população local, não faz diferença se as dimensões do Programa Nuclear Brasileiro não tem significado maior no cenário nacional ou internacional, seus temores e anseios começam com o desejo de que o que esteja aqui depositado e o processamento que for desenvolvido, seja gerenciado de modo a garantir sua segurança, proteger sua saúde e seu meio ambiente pois, caso contrário, além disso ela perderá também uma fonte de riqueza da região, que é o turismo.

A indústria do urânio mexe com a sociedade poçoscaldense desde o final da década de 1950, verificando-se uma mudança da postura totalmente a favor da indústria do urânio na região, para uma postura bastante repulsiva ao empreendimento. Logicamente, devemos considerar que o momento político é outro, mas é mais importante considerar que a Programa Nuclear Brasileiro deve se desenvolver nesse novo ambiente político e que o modelo de relação entre a empresa e a sociedade deve ser mudado.

Justifica-se essa necessidade de mudança, pela constatação dos seguintes fatos: o CIPC, depois do laudo da Cetesb que o apontou como a fonte causadora da mortandade de peixes ocorrida na represa Bortolan, em 1984, tem sido submetido à investigação de diversas comissões independentes constituídas pelos poderes executivo, legislativo e judiciário das cidades da região e do estado e todas elas apresentaram relatórios considerando que as condições de segurança e proteção radiológica e ambiental da instalação são adequadas; inúmeros pesquisadores da CNEN desenvolveram trabalhos analisando os possíveis impactos radiológicos da instalação e todos concluíram que as doses estimadas na região estão abaixo dos limites máximos permitidos; as diferentes diretorias das empresas nucleares, depois de um início de pouca abertura, passaram a atender a dezenas de solicitações de esclarecimentos das mais diversas autoridades, principalmente de Poços de Caldas. Apesar disso, os responsáveis pelo empreendimento não conseguiram reverter o quadro de medo e repulsa da população local e permitiram o uso político-partidário de diversas situações e que se repete quase que ciclicamente.

Por isso, os modelos de relacionamento da empresa responsável pelo empreendimento com a sociedade local devem ser mudados, principalmente quanto a: a divulgação de informações sobre suas intenções que ainda necessitam de embasamento técnico, legal ou financeiro e que acabam se tornando, aos olhos da população, promessas não cumpridas; o uso político de demissões e envolvimento de empregados nos momentos de dificuldades; e, o envolvimento dos diferentes grupos de interesses da região, com o objetivo de diminuir o uso político da instalação. Não é mais possível deixar de considerar que os avanços da legislação brasileira para a preservação do meio ambiente reconheceram o direito da população local participar do processo decisório de determinados empreendimentos e o futuro do CIPC passa por esse envolvimento.

## **b. Diretrizes**

### **• Diretrizes Gerais**

Sem entrar em considerações sobre quando o empreendimento deve ser definitivamente desativado, mas com o intuito de contribuir para que o fechamento da mina e da usina do CIPC se realize da maneira mais adequada e harmônica, sugerimos algumas diretrizes para essa etapa do ciclo de vida do empreendimento.



- 1 - O descomissionamento deve obedecer a um plano de fechamento definitivo aprovado pelos diversos grupos de interesses (proprietário da instalação e dos terrenos vizinhos, agências reguladoras, representantes das diferentes forças da sociedade local).
- 2 - No plano de fechamento, o CIPC deve ser considerado como composto das seguintes áreas distintas, listadas de acordo com sua ordem de importância: bacia de rejeitos, pilhas de bota-fora, cava da mina, plataforma da mina, plataforma da usina e, outras áreas da instalação.
- 3 - O plano de fechamento deve ser elaborado a partir da definição do uso futuro do terreno de cada área específica e do CIPC como um todo. Esta definição deve ser feita de comum acordo com os anseios da comunidade local representada pelos diferentes grupos de interesses.
- 4 - As ações de remediação específicas, propostas no plano de fechamento definitivo de cada área distinta, devem ser acompanhadas, de forma explícita, de seus objetivos e justificativas técnicas e econômicas.
- 5 - O plano de fechamento deve conter um cronograma de execução físico-financeiro, com detalhamento específico para cada área, onde deverão estar discriminadas as diversas etapas de execução, de forma a possibilitar o seu acompanhamento.
- 6 - Os recursos financeiros e suas fontes devem ser garantidos e disponibilizados de modo que o plano de fechamento não seja interrompido antes de finalizado. As interrupções aumentarão os custos e os riscos de impactos ambientais e sociais
- 7 - A empresa controladora da instalação deve constituir um grupo de trabalho específico para o fechamento, definindo responsabilidades técnicas e especializações. Deve também ser definido o responsável técnico pelo fechamento.
- 8 - As agências reguladoras devem constituir grupos de trabalhos específicos, mas não necessariamente exclusivos, para analisar os planos propostos e fiscalizar o cumprimento dos mesmos. Esses grupos devem ter caráter eminentemente técnico e fiscalizador. Idealmente, os componentes desses grupos devem visitar minas e usinas de urânio fechadas e descomissionadas em outros países e elaborar um plano de fiscalização e acompanhamento visando garantir que o plano de fechamento licenciado esteja sendo desenvolvido de acordo com o previsto e aprovado.
- 9 - O plano de fechamento deve prever que, desde o seu início, será elaborado um sistema de documentação específico para garantir que as informações serão conservadas, que ficarão à disposição da sociedade e poderão ser utilizadas pelas gerações futuras.

10 - As ações propostas no plano de fechamento devem ser elaboradas a partir de um diagnóstico detalhado de cada uma das áreas. Este diagnóstico é a oportunidade de documentar tudo o que ocorreu no local e inventariar os termos fontes. Se isso não for feito, corre-se o risco de, no futuro, os fatos conduzirem o serviço realizado à estaca zero. O diagnóstico deve ser apresentado na forma de relatório técnico específico para cada área, consolidado num documento único para toda a instalação.

11 - O plano de fechamento deve levar em conta que, conceitos de proteção radiológica e monitoração ambiental, não são suficientes para garantir uma proteção ambiental. É importante a análise do processo como um todo para prever, identificar e impedir o uso de procedimentos que levem à contaminação do meio ambiente.

12 - O plano de fechamento deve levar em conta que, monitorações e medidas nem sempre reproduzem a verdade e, freqüentemente, representam uma medida do que já ocorreu.

13 - O plano de fechamento deve levar em conta as experiências de ocupação irregular de áreas degradadas pela mineração, principalmente pela população mais carente. Essa realidade, bastante comum no Brasil, permite questionar se o fato da população local não depender da mineração, como no caso do CIPC, pode representar alguma vantagem na hora do encerramento das atividades e depois da remediação ambiental.

14 - O plano de fechamento deve buscar a maximização do uso de materiais emprestados do próprio local para o confinamento, cobertura e estabilização de rejeitos. O uso de cobertura com lençol d'água deve ser descartado devido à topografia da região.

15 - O gerenciamento do plano deve levar em conta que, ao longo do processo, as opiniões da sociedade e dos políticos mudam e que também os interlocutores mudam de importância. Isto provoca idas e vindas de determinados assuntos de uma forma cíclica. Por isso, deve ser cuidado para que o processo de fechamento não caia num estado de revisão permanente.

16 - O gerenciamento do plano deve levar em conta que, planejar o fechamento envolve mais que a simples preparação do plano de fechamento e a execução da remediação progressiva do local. Um fechamento efetivo significa minimizar os custos e maximizar os benefícios, consistentemente com uma boa prática gerencial.

17 - Todo documento específico da empresa e outros documentos, citados como referência bibliográfica, devem ser anexados ao plano.

18 - Toda a documentação deve ser redigida em língua portuguesa e seguir as normas da ABNT para redação, nomenclatura, desenhos técnicos e referências bibliográficas. O uso de documentação em outra língua deve ser justificado e apresentado como referência bibliográfica.

- **Diretrizes Específicas de Radioproteção e Gerenciamento de Rejeitos.**

Por se tratar do fechamento de uma instalação nuclear, todas as ações desenvolvidas no local devem ser licenciadas pela CNEN. As diretrizes abaixo visam orientar o processo de fechamento rumo à proteção do meio ambiente e da saúde da população ao longo do tempo.

1 - A não ser que seja tecnicamente demonstrado o contrário, o local da instalação deve, em princípio, ser considerado um local radioativamente contaminado e, por isso, demanda uma abordagem estruturada para que seja trilhado o melhor e mais econômico caminho para utilizar os recursos disponíveis e aplicar as técnicas mais apropriadas de descontaminação e remediação.

2 - As taxas de doses dos trabalhadores e da população local, durante e depois das ações e das atividades de fechamento, não devem ser maiores que aquelas da etapa de operação.

3 - Os princípios da justificação, da otimização (ALARA) e da limitação de dose, devem ser aplicados durante todas as ações e atividades de fechamento.

4 - Os limites de lançamentos estabelecidos pela legislação pertinente e as normas das agências reguladoras devem ser usados como base para limitação de impactos durante e depois do fechamento.

5 - A taxa anual de lançamentos de metais pesados e radionuclídeos para o meio ambiente, depois do fechamento, não deve ser maior que aquela que existia durante a fase de operação, mesmo que possa ser demonstrado que ela não causará danos significativos.

6 - As diferentes áreas devem, de acordo com as suas características, ser descontaminadas ou estabilizadas física e quimicamente ou recobertas com camadas de materiais a serem especificados, de modo a minimizar, a curto e longo prazo, a taxa de exposição à radiação gama, a exalação de radônio na superfície das mesmas e a liberação de radionuclídeos e metais pesados para o meio ambiente devido à infiltração de água, erosão e intrusão intempestiva de seres humanos e outros animais.

7 - A geração de poeira, infiltração de água e erosão local, depois do fechamento, devem ser minimizadas pelo uso de cobertura vegetal, para o que devem ser usadas espécies naturais da região para a revegetação.

8 - A necessidade de supervisão técnica no futuro deve ser reduzida, através da seleção de barreiras naturais e controles passivos.

9 - Todos os rejeitos e contaminantes existentes nas áreas e os que vierem a ser produzidos durante o fechamento devem ser confinados e estabilizados.

10 - Todas as águas percoladas através dos rejeitos estabilizados devem ser controladas e monitoradas e, se for o caso, tratadas até que apresentem concentração de poluentes abaixo dos limites estabelecidos por lei. Para isso, deverá ser prevista uma estação de tratamento de efluentes líquidos com capacidade adequada, que deverá funcionar até que os níveis de contaminantes estejam abaixo dos limites de lançamento estabelecidos em normas das agências reguladoras e/ou adotadas para a instalação.

11 - Todas as previsões e estimativas de impactos, riscos e doses futuras, usadas para justificar a seleção de determinada ação de remediação, devem ser demonstradas através de modelamento matemático considerando as possíveis vias de dispersão, tais como, chuvas, ressuspensão, migração, crescimento de vegetais, etc.

12 - Todas as alternativas propostas para descontaminação, confinamento, estabilização, revegetação, monitoração devem ser acompanhadas de informações que permitam a análise de sua aplicabilidade e justifiquem técnica e economicamente sua utilização.

13 - Todas as áreas específicas devem ser delimitadas, representando-se em mapas os locais de empréstimo de materiais, os locais de estocagem de equipamentos e materiais descontaminados e os depósitos de rejeitos.

### **c. Objetivos e Metas para o Fechamento Definitivo do CIPC**

Sem sombra de dúvidas, a questão maior dos programas nucleares no mundo é o gerenciamento seguro dos seus rejeitos, de modo a minimizar a necessidade de estender o acompanhamento por centenas de anos. O Estado brasileiro está diante de uma oportunidade ímpar de demonstrar que é capaz de desenvolver um programa nuclear completo, e mostrar à

sociedade como será desenvolvido esse programa no século XXI pois, se o fechamento do CIPC não for bem executado, estaremos deixando para as gerações futuras, um ônus que agride a ética e a justiça.

Os objetivos propostos a seguir para um plano de fechamento definitivo, remediação e descomissionamento do CIPC, visam atender os princípios do desenvolvimento sustentável.

- 1 - Fazer um diagnóstico da instalação, abordando os aspectos legais, regularizadores e administrativos, contendo o inventário de todos os termos fontes e materiais poluentes estocados, depostos ou abandonados no local.
- 2 - Criar um arquivo público com o acervo histórico, científico, tecnológico e administrativo da instalação e implementar sua instalação e funcionamento de modo a garantir a preservação dos documentos ao longo do tempo e o acesso à consulta pública.
- 3 - Estabilizar, física e quimicamente, as áreas remediadas, de modo a evitar ou minimizar a dispersão de espécies químicas poluentes, radioativas e estáveis, a médio e longo prazo, visando proteger a saúde e a segurança do ser humano e o meio ambiente.
- 4 - Adequar o local visando sua reintegração paisagística, buscando o atendimento aos anseios realistas dos grupos de interesses locais e a harmonia com a fisiografia e a flora natural do local.
- 5 - Minimizar o número de termos fontes no local, bem como as monitorações e manutenções, durante e após o fechamento, a curto, médio prazo.
- 6 - Mitigar os impactos sociais, durante e após o fechamento e evitar ou minimizar a retomada das atividades de fechamento devido à recorrência dos fenômenos sociais ao longo do tempo.
- 7 - Dotar as agências reguladoras de normas e procedimentos, para garantir que as exigências legais para fechamento definitivo, remediação e descomissionamento sejam atendidas pela ações executadas.

**d. Ações Administrativas Recomendadas para o Fechamento Definitivo do CIPC**

- 1 - Compilar e organizar todos os documentos e registros disponíveis sobre o empreendimento, incluindo relatórios de inspeção da CNEN e demais agências reguladoras, relatórios de turnos, de práticas, e de acidentes, manuais de operação, contratos de serviços, trabalhos de pesquisa realizados, entrevistas com empregados aposentados, etc.

- 2 - Consolidar os estudos e pesquisas efetuadas ao longo da vida do empreendimento, classificando-os por áreas específicas.
- 3 - Definir o local (ou locais) onde o arquivo público ficará instalado (por exemplo: sedes das agências reguladoras, prefeituras, museus, universidades), instalar e implementar seu funcionamento.
- 4 - Providenciar as devidas licenças das agências reguladoras para a execução do plano de fechamento definitivo da instalação.
- 5 - Elaborar e implementar um plano de participação dos diferentes grupos de interesses nas diferentes etapas do processo, contendo procedimentos para divulgação e atendimento ao público, visando o acesso às informações, o esclarecimento de dúvidas e o levantamento de contribuições para melhoria do processo.
- 6 - Fornecer informações detalhadas sobre as empresas contratadas responsáveis pela execução dos trabalhos, destacando suas experiências, equipes e responsáveis técnicos.
- 7 - Elaborar cronograma de execução das ações e desembolso financeiro necessário, com detalhadamente que permita às agências reguladoras acompanhar e fiscalizar o andamento das ações em desenvolvimento.
- 8 - Elaborar orçamento, definir as fontes de recursos e garantir seu desembolso, visando evitar a interrupção das atividades e a conseqüente elevação dos custos.
- 9 - Adequar a agências reguladoras para regulamentação e controle do fechamento, remediação e descomissionamento, através da emissão de normas, guias e procedimentos específicos para execução das ações aprovadas.

**e. Ações Específicas Recomendadas para o Fechamento Definitivo da Bacia de Rejeitos**

Para o fechamento da bacia de rejeitos e outros depósitos de rejeitos localizados na área de drenagem, como a bacia de rejeitos de tório, trincheiras com mesotório e trincheiras com outros materiais, recomendamos as seguintes ações, as quais o empreendedor deve submeter às agências reguladoras, em tempo hábil, acompanhando o pedido de licenciamento de fechamento definitivo e descomissionamento:

- 1 - Inventariar os termos fontes, incluindo todos os rejeitos historicamente depositos na bacia de rejeitos e todos os rejeitos depositos nas trincheiras localizadas na área da bacia de drenagem da bacia de rejeitos, informando seus locais de origem.
- 2 - Consolidar os dados de monitorações ambiental e ocupacional obtidos no cumprimento dos respectivos planos adotados ao longo da vida do empreendimento.
- 3 - Consolidar os dados de controle operacional e de tratamento/gerenciamento de rejeitos durante a etapa de operação da instalação. Destacar e analisar os eventos mais significativos e que exigiram ações corretivas para mitigar os possíveis impactos ambientais.
- 4 - Caracterizar, mineralógica, petrográfica, geoquímica e geotecnicamente, os entornos da bacia de rejeitos e os rejeitos depositos na bacia de rejeitos e nas trincheiras localizadas na bacia de drenagem da bacia de rejeitos.
- 5 - Elaborar análise dos possíveis impactos da toxicidade das espécies contidas nos rejeitos depositos na bacia de rejeitos e nas trincheiras localizadas na bacia de drenagem da bacia de rejeitos, sobre a saúde do ser humano e sobre o meio ambiente.
- 6 - Determinar a mobilidade e os processos de transferência dos elementos poluentes, radioativos e estáveis, presentes nos rejeitos e nas trincheiras localizadas na bacia de drenagem da bacia de rejeitos, para o meio ambiente.
- 7 - Determinar as causas, mecanismos e processos da geração de drenagem ácida na bacia de rejeitos.
- 8 - Elaborar análise de risco da transferência dos elementos poluentes para o meio ambiente, usando modelos matemáticos, contendo previsão das possíveis quantidades liberadas ao longo do tempo e dos possíveis impactos sobre o ser humano e o meio ambiente, levando em consideração os limites de lançamento estabelecidos pelas normas das agências reguladoras.
- 9 - Selecionar os meios a serem usados para reduzir e, se possível, suprimir as transferências de elementos poluentes para o meio ambiente de superfície e subsuperfície, justificando técnica e economicamente a sua seleção e apresentar previsão, elaborada através de modelos matemáticos, do seu abatimento ao longo do tempo, a curto e médio prazos.
- 10 - Selecionar os meios a serem usados para mitigar e, se possível, suprimir a geração de drenagem ácida na bacia de rejeitos, justificando técnica e economicamente sua seleção e

apresentar previsão, elaborada através de modelos matemáticos, do seu abatimento ao longo do tempo, a curto e médio prazos.

11 - Elaborar análise de risco da exalação de radônio para o meio ambiente, da difusão de oxigênio para o interior da bacia de rejeitos, da radiação gama sobre a superfície da bacia de rejeitos e trincheiras localizadas na sua área de drenagem da bacia de rejeitos e a infiltração de águas da bacia de rejeitos e trincheiras para o lençol de água subterrânea, usando modelos matemáticos, contendo previsão das possíveis quantidades liberadas ao longo do tempo e a comparação dos seus possíveis impactos sobre o ser humano e o meio ambiente, em função dos limites estabelecidos pelas normas das agências reguladoras.

12 - Selecionar os meios a serem usados para mitigar e, se possível, suprimir a exalação de radônio para o meio ambiente, a difusão de oxigênio para o interior da bacia de rejeitos, a radiação gama sobre a superfície da bacia de rejeitos e trincheiras localizadas na sua área de drenagem da bacia de rejeitos e a infiltração de águas da bacia de rejeitos e trincheiras para o lençol de água subterrânea, justificando técnica e economicamente sua seleção, e apresentar previsão, elaborada através de modelos matemáticos, do seu abatimento ao longo do tempo a curto e médio prazos.

13 - Selecionar os meios a serem usados para mitigar e, se possível, suprimir, a erosão dos locais remediados, a intrusão de seres humanos e outros animais ao longo do tempo, justificando técnica e economicamente sua seleção.

14 - Definir área dentro da bacia de rejeitos onde serão depostos os rejeitos gerados durante e após o fechamento e remediação do CIPC.

15 - Elaborar e executar um plano de monitoração a curto e médio prazos, detalhando e justificando os pontos de monitoração, os materiais amostrados, a frequência de coleta, os procedimentos de coleta e análise, as técnicas de análise e o laboratório responsável pela execução das mesmas, de acordo com as normas das agências reguladoras.

16 - Selecionar os meios a serem usados para prevenir o uso de rejeitos como material de construção, a construção de residências sobre a bacia de rejeitos e trincheiras, e a prática de agricultura sobre a bacia de rejeitos, até que a área seja descomissionada, justificando técnica e economicamente sua escolha.



**f. Ações Específicas Recomendadas para o Fechamento Definitivo das Pilhas de Bota-Foras**

À semelhança do plano de fechamento da bacia de rejeitos, recomendamos que o plano de fechamento das pilhas de bota-foras seja desenvolvido, no mínimo, orientado pelas seguintes ações:

- 1 - Inventariar os termos fontes, incluindo todos os rejeitos historicamente depositos nas pilhas de bota-foras.
- 2 - Consolidar os dados de monitorações ambiental e ocupacional obtidos no cumprimento dos respectivos planos adotados ao longo da vida do empreendimento.
- 3 - Consolidar os dados de controle operacional durante a etapa de operação da mina. Destacar e analisar os eventos mais significativos e que exigiram ações corretivas para mitigar os possíveis impactos ambientais.
- 4 - Caracterizar, mineralógica, petrográfica, geoquímica e geotecnicamente, os entornos das pilhas de bota-foras e os materiais depositos nas pilhas dos bota-foras.
- 5 - Determinar a mobilidade e os processos de transferência dos elementos poluentes radioativos e estáveis presentes nos bota-foras para o meio ambiente.
- 6 - Determinar o balanço hidrológico das pilhas de bota-foras, discriminando e quantificando as fontes e sumidouros, e caracterizar quimicamente as águas percoladas das pilhas dos bota-foras.
- 7 - Determinar as causas, mecanismos e processos da geração de drenagem ácida nos bota-foras.
- 8 - Elaborar análise de risco da transferência dos elementos poluentes para o meio ambiente, usando modelos matemáticos, contendo previsão das possíveis quantidades liberadas ao longo do tempo e possíveis impactos sobre o ser humano e o meio ambiente, levando em consideração os limites de lançamentos estabelecidos pelas normas das agências reguladoras.
- 9 - Selecionar os meios a serem usados para reduzir e, se possível, suprimir as transferências de elementos poluentes dos bota-foras para o meio ambiente de superfície e subsuperfície, justificando técnica e economicamente a sua seleção, e apresentar previsão, elaborada através de modelos matemáticos, do seu abatimento ao longo do tempo a curto e médio prazos.
- 10 - Selecionar os meios a serem usados para mitigar e, se possível, suprimir a geração de drenagem ácida nos bota-foras, justificando técnica e economicamente sua seleção e apresentar

previsão, elaborada através de modelos matemáticos, do seu abatimento ao longo do tempo a curto e médio prazos.

11 - Elaborar análise de risco da exalação de radônio para o meio ambiente, da difusão de oxigênio para o interior dos bota-foras, da radiação gama sobre a superfície dos bota-foras e a infiltração de águas dos bota-foras para o lençol de água subterrânea, usando modelos matemáticos contendo previsão dos possíveis quantidades liberadas ao longo do tempo e a comparação dos seus possíveis impactos sobre o ser humano e o meio ambiente, em função dos limites estabelecidos pelas normas das agências reguladoras.

12 - Selecionar os meios a serem usados para mitigar e, se possível, suprimir a exalação de radônio para o meio ambiente, a difusão de oxigênio para o interior dos bota-foras, a radiação gama sobre a superfície dos bota-foras e a infiltração de águas dos bota-foras para o lençol de água subterrânea, justificando técnica e economicamente sua seleção, e apresentar previsão, elaborada através de modelos matemáticos, do seu abatimento ao longo do tempo a curto e médio prazos.

13 - Selecionar os meios a serem usados para prevenir a erosão das pilhas de bota-foras, a intrusão de seres humanos e outros animais ao longo do tempo, justificando técnica e economicamente sua seleção e incluindo a cobertura com vegetais naturais do local de modo a obter uma revegetação sustentável e perene em menor intervalo de tempo.

14 - Elaborar e executar um plano de reintegração paisagística das áreas dos bota-foras, de modo harmônico com a fisiografia local.

15 - Elaborar e executar um plano de monitoração a curto e médio prazos, detalhando os materiais amostrados, a frequência de coleta, os procedimentos de coleta e análise, as técnicas de análise e o laboratório responsável pela execução das mesmas, de acordo com as normas das agências reguladoras.

16 - Selecionar os meios a serem usados para prevenir o uso de rejeitos como material de construção, a construção de residências sobre a bacia de rejeitos e trincheiras, e a prática de agricultura sobre a bacia de rejeitos até que a área seja descomissionada, justificando técnica e economicamente sua escolha.

#### **g. Ações Específicas Recomendadas para o Fechamento Definitivo da Cava da Mina**

- 1 - Inventariar os termos fontes, incluindo todos os rejeitos e materiais historicamente depositos na cava da mina.
- 2 - Consolidar os dados de monitorações ambiental e ocupacional obtidos no cumprimento dos respectivos planos adotados ao longo da vida do empreendimento.
- 3 - Consolidar os dados de controle operacional e de tratamento/gerenciamento de rejeitos durante a etapa de operação da instalação. Destacar e analisar os eventos mais significativos e que exigiram ações corretivas para mitigar os possíveis impactos ambientais.
- 4 - Caracterizar, mineralógica, petrográfica, geoquímica e geotecnicamente, o leito rochoso da região da cava da mina, identificando os controles e feições estruturais e estratigráficos.
- 5 - Determinar a mobilidade e os processos de transferência dos elementos poluentes radioativos e estáveis presentes na cava da mina para o meio ambiente.
- 6 - Determinar o balanço hidrológico da cava da mina, discriminando e quantificando as fontes e sumidouros e caracterizar biológica, química e radiometricamente a água acumulada na cava da mina.
- 7 - Determinar as causas, mecanismos e processos da geração de drenagem ácida na cava da mina.
- 8 - Elaborar análise de risco da transferência dos elementos poluentes da cava da mina para o meio ambiente, usando modelos matemáticos, contendo previsão das possíveis quantidades liberadas ao longo do tempo, e dos possíveis impactos sobre o ser humano e o meio ambiente, levando em consideração os limites de lançamento estabelecidos pelas normas das agências reguladoras.
- 9 - Selecionar os meios a serem usados para reduzir e, se possível, suprimir as transferências de elementos poluentes da cava da mina para o meio ambiente, justificando técnica e economicamente a sua seleção e apresentar previsão, elaborada através de modelos matemáticos, do seu abatimento ao longo do tempo a curto e médio prazos.
- 10 - Selecionar os meios a serem usados para mitigar e, se possível, suprimir a geração de drenagem ácida da cava da mina, justificando técnica e economicamente sua seleção e apresentar previsão, elaborada através de modelos matemáticos, do seu abatimento ao longo do tempo a curto e médio prazos.

- 11 - Elaborar análise de risco da exalação de radônio para o meio ambiente, da radiação gama sobre a superfície da cava da mina e da infiltração de águas da cava da mina para o lençol de água subterrânea usando modelos matemáticos, contendo previsão das possíveis quantidades liberadas ao longo do tempo e dos possíveis impactos sobre o ser humano e o meio ambiente, em função dos limites estabelecidos pelas normas das agências reguladoras.
- 12 - Selecionar os meios a serem usados para mitigar e, se possível, suprimir a exalação de radônio para o meio ambiente, a radiação gama sobre a superfície da cava da mina e a infiltração de águas da cava da mina para o lençol de água subterrânea, justificando técnica e economicamente sua seleção e apresentar previsão, elaborada através de modelos matemáticos, do seu abatimento ao longo do tempo a curto e médio prazos.
- 13 - Caracterizar hidrogeológica e hidráulicamente a área da cava da mina, determinando a qualidade/quantidade de água subterrânea, direção e taxas de fluxos, profundidade do nível hidrostático, gradiente hidráulico, áreas de recarga e descarga, processos geoquímicos mais relevantes que alteram a qualidade das águas, características de sorção, relação entre as águas subterrâneas e superficiais e evapotranspiração.
- 14 - Avaliar a reatividade do pacote rochoso que compõe a cava da mina e a estabilidade geomecânica das bancadas.
- 15 - Selecionar os meios a serem usados para prevenir a erosão das bancadas da cava da mina e a intrusão de seres humanos e outros animais ao longo do tempo, justificando técnica e economicamente sua seleção e incluindo a cobertura com vegetais naturais do local de modo a obter uma revegetação sustentável e perene em curto intervalo de tempo.
- 16 - Elaborar e executar um plano de reintegração paisagística da área da cava da mina de modo harmônico com a fisiografia local.
- 17 - Elaborar e executar um plano de monitoração a curto e médio prazos detalhando as materiais amostrados, a frequência de coleta, os procedimentos de coleta e análise, as técnicas de análise e o laboratório responsável pela execução das mesmas, de acordo com as normas das agências reguladoras.
- 18 - Selecionar os meios a serem usados para prevenir o uso de rejeitos como material de construção, a construção de residências e a prática de agricultura sobre a cava da mina, até que a área seja descomissionada.

**h. Ações Específicas Recomendadas para Fechamento Definitivo das Plataformas da Mina e da Usina**

O plano de fechamento definitivo para as plataformas da mina e da usina deve contemplar, no mínimo, as seguintes ações:

- 1 - Inventariar os termos fontes, incluindo todos os rejeitos e materiais historicamente depostos, e estocados nas plataformas da mina e da usina e os derramados nas plataformas, estradas internas, e aterros de mineroduto e rejeitoduto.
- 2 - Consolidar os dados de monitorações ambiental e ocupacional obtidos no cumprimento dos respectivos planos adotados ao longo da vida do empreendimento.
- 3 - Consolidar os dados de controle operacional e de tratamento/gerenciamento de rejeitos durante a etapa de operação da instalação. Destacar e analisar os eventos mais significativos e que exigiram ações corretivas para mitigar os possíveis impactos ambientais.
- 4 - Inventariar os prédios, estruturas, equipamentos, bacias e áreas existentes no local, bem como as áreas de onde foram retirados materiais de empréstimo para construção de aterros e plataformas.
- 5 - Elencar os prédios, estruturas, equipamentos, bacias e áreas a serem descontaminados e desmantelados, levando em consideração o uso da área e dos materiais, justificados técnica e economicamente.
- 6 - Elaborar e executar um plano de desmontagem e descontaminação detalhando as técnicas de descontaminação empregadas, justificando tecnicamente a sua seleção e a previsão das doses potenciais de radiação que os trabalhadores receberiam durante os trabalhos de descontaminação e que os membros do público receberiam no uso desses materiais, e como as possíveis doses serão mitigadas.
- 7 - Remover, embalar e depor em local definido no plano, na área da bacia de rejeitos, as partes da planta que não puderem ser adequadamente descontaminadas, ou que, por razões técnicas ou econômicas justificadas, devem ser consideradas rejeitos, bem como as estruturas e bases em concreto, os entulhos em geral e todos os rejeitos produzidos durante a remediação.
- 8 - Elaborar e executar um plano de reintegração paisagística das área da cava da mina, de modo harmônico com a fisiografia local.

9 - Elaborar e executar um plano de monitoração a curto e médio prazos, detalhando os materiais amostrados, a frequência de coleta, os procedimentos de coleta e análise, as técnicas de análise e o laboratório responsável pela execução das mesmas, de acordo com as normas das agências reguladoras.

10 - Selecionar os meios a serem usados para prevenir o uso de rejeitos como material de construção, a construção de residências e a prática de agricultura sobre a cava da mina, até que a área seja descomissionada.

**i. Ações Específicas para o Fechamento Definitivo das outras Áreas do CIPC**

O plano de fechamento definitivo para as outras áreas do CIPC deve contemplar, no mínimo, as seguintes ações:

1 - Inventariar os termos fontes, incluindo todos os rejeitos e materiais historicamente depostos e estocados nas áreas.

2 - Consolidar os dados de monitorações ambiental e ocupacional obtidos no cumprimento dos respectivos planos adotados ao longo da vida do empreendimento.

3 - Destacar e analisar os eventos mais significativos e que exigiram ações corretivas para mitigar os possíveis impactos ambientais.

4 - Inventariar os prédios, estruturas, equipamentos, bacias existentes nas outras áreas da instalação, bem como as áreas de onde foram retirados materiais de empréstimo para construção de aterros e plataformas.

5 - Elencar os prédios, estruturas, equipamentos, bacias e áreas a serem descontaminados e desmantelados, levando em consideração o uso da área e dos materiais, justificados técnica e economicamente.

6 - Elaborar e executar um plano de desmontagem e descontaminação, detalhando as técnicas de descontaminação empregadas, justificando tecnicamente a sua seleção e a previsão das doses potenciais de radiação que os trabalhadores receberiam durante os trabalhos de descontaminação e que os membros do público receberiam no uso desses materiais, e como essas doses serão mitigadas.

7 - Remover, embalar e depor em local definido no plano, na área da bacia de rejeitos, as partes dos prédios, estruturas, equipamentos, bacias que não puderem ser adequadamente descontaminadas, por razões técnicas ou econômicas justificadas bem como as estruturas e bases em concreto, os entulhos em geral e todos os rejeitos produzidos durante a remediação.

8 - Elaborar e executar um plano de reintegração paisagística dos outros locais da instalação, de modo harmônico com a fisiografia local.

9 - Elaborar e executar plano de monitoração a curto e médio prazos detalhando as materiais amostrados, a frequência de coleta, os procedimentos de coleta e análise, as técnicas de análise e o laboratório responsável pela execução das mesmas, de acordo com as normas das agências reguladoras.

10 - Selecionar os meios a serem usados para prevenir o uso de rejeitos como material de construção e a construção de residências e a prática de agricultura sobre os outros locais da instalação, até que as mesmas sejam descomissionadas.

**j. Estratégias para o Fechamento Definitivo, Remediação e Descomissionamento do CIPC**

O CIPC pode ser considerado um empreendimento que entranhou-se no tecido social da região do Planalto de Poços de Caldas, sendo envolvido por denúncias dos mais diferentes grupos de interesses da sociedade local. Embora não se possa negar que a empresa procurou freqüentemente responder às denúncias, atender os inúmeros pedidos de esclarecimentos e projetar uma imagem de comportamento ético e legal, não pode ser também negado que ela procurou muitas vezes usar politicamente as forças da região, tanto para facilitar sua aceitação pública, como para projetar uma imagem empreendedora, anunciando projetos que até hoje não foram concretizados. Na nossa opinião, a sociedade local dispensa grande atenção aos passos do empreendimento e dará também grande atenção ao seu fechamento.

Além das diretrizes para desenvolver o fechamento de maneira tecnicamente correta e de modo a minimizar os custos e maximizar a proteção e a segurança da população a curto, médio e longo prazo, são necessárias também estratégias para financiar o empreendimento e mitigar os seus impactos sociais. Para tanto, elaboramos algumas estratégias apresentadas a seguir:

1 - Primeiramente terá que ser equacionada a questão da torta II estocada no local. Somos da opinião que os benefícios do tratamento do material dificilmente serão maior que os custos. Também consideramos difícil a justificação da operação. Mesmo levando em conta a resistência da sociedade local, defendemos que a torta II seja reembalada e estocada no local, em depósito construído para duração a médio prazo ou até que sua utilização seja técnica e economicamente viável.

2 - A remediação da cava da mina deve ser a última etapa desse processo, ficando a mesma como “pulmão” destinado à estocagem das águas ácidas geradas durante e após a fase de remediação e à deposição das lamas produzidas no tratamento dessas águas. Consideramos também, que a cava da mina é um local ideal para a deposição de outros rejeitos minerais, mas não adequada à deposição de lixo e entulho. Para a deposição de rejeitos minerais, consideramos necessário o licenciamento da cava da mina de acordo com as normas da CNEN.

3 - No inventário e avaliação, de cada uma das áreas específicas, os equipamentos móveis e imóveis, construções e material depositado devem ser classificados com base no custo estimado de recuperação e recondicionamento relativo ao seu valor potencial de venda em:

- bens (itens que gerarão renda maior que os custos de sua recuperação);
- material metálico reciclável (cujo valor de mercado não justifique o recondicionamento, mas que produzirão alguma renda, se vendidos como sucata); e,
- lixo descartável (itens que não justificam sequer o custo do transporte em caso de venda).

Essa decisão deve ser tomada com base na análise das implicações financeiras decorrentes do tempo que se vai esperar até o início dos trabalhos, normalmente feito por métodos de avaliação econômica como indicadores de liquidez e indicadores de retorno econômico.

4 - A elaboração do plano de fechamento e a sua execução podem ser feitos pela própria empresa ou por empresa especializada contratada. Nos dois casos, podem-se apresentar vantagens e desvantagens.

5 - Equipamentos limpos são mais fáceis de remover e recondicionar, por isso a usina deve ser limpa e descontaminada antes da desmontagem.

6 - O envolvimento da sociedade na tomada de decisão, não apenas em audiências públicas mas também na definição do uso futuro do terreno e no planejamento das atividades, através de representantes eleitos pela sociedade e escolhidos por forças políticas, comerciais, industriais,



estudantis e organizações não governamentais da região, deve ser incentivado e encarado como uma maneira de evitar radicalismos e exploração política do processo o que, certamente, provocaria adiamentos e aumento dos custos.

7 - As agências reguladoras federais devem participar do processo de licenciamento, seja diretamente ou através de convênios, bem como as agências estaduais e municipais.

#### **k. Responsabilidades e Custos**

- **Responsabilidades**

Dado que a União detém o monopólio da indústria do urânio, a responsabilidade financeira pelo fechamento do CIPC deve ser do Governo Federal, que implantou o empreendimento, produz e utiliza o bem produzido. Mais especificamente, esta responsabilidade é da CNEN uma vez que a exploração foi feita ao longo do tempo pela Nuclebras, pela UB e pela INB, todas empresas controladas pela CNEN. Também deve ser do Governo Federal a responsabilidade futura pelo local. A Lei 10.308, de outubro de 2001, procurou atacar o problema da responsabilidade a longo prazo, definindo que a CNEN é a responsável final pelos rejeitos produzidos e seus repositórios.

As alternativas para a origem dos recursos financeiros para o fechamento e remediação seriam:

- dotação de verba do orçamento do Governo Federal;
- financiamento de organismos internacionais;
- constituição de um fundo de reserva, o que representaria o adiamento do início dos trabalhos;
- utilização dos lucros das novas atividades industriais propostas para o local, o que também representa o adiamento do início dos trabalhos, pois até hoje não se verificou a viabilização de nenhum dos projetos de aproveitamento apresentados pelos representantes das empresas controladoras do empreendimento ao longo da história;
- a utilização dos lucros advindos do urânio produzido no CIC. Esta alternativa é bastante polêmica, pois representa a exigência de auto-suficiência do Programa Nuclear Brasileiro, pelo menos em seu segmento mineral, segundo a qual um empreendimento deveria gerar dividendos suficientes para custear o fechamento do outro ou de si mesmo. Esse procedimento nos parece

pouco usado no Brasil, embora a atual diretoria da INB freqüentemente faça declarações sobre seu compromisso de tocar o Programa Nuclear Brasileiro de maneira autônoma do ponto de vista financeiro.

Todas estas alternativas dependem de decisão político-financeira do Poder Executivo. Consideramos que apenas as duas primeiras são viáveis a curto prazo.

- **Custos**

A comparação dos custos, de fechamento definitivo, remediação e descomissionamento dos locais de minas e usinas de urânio, evidenciam uma ampla faixa de variação, o que indica que os fatores que influem nos custos apresentam diferentes efeitos, mesmo levando em conta empreendimentos no mesmo país, mesma região e o método de lavra.

A estimativa do custo deve evitar as escolhas extremas: abandonar o local sem nenhuma remediação ou devolver todo o material retirado de volta à cava da mina. A análise das informações apresentadas nesta tese permite apontar o caminho da compatibilização do desenvolvimento econômico com equidade social e ambiental, como sendo o melhor para as gerações atuais e futuras; por isso, cabe aos grupos de interesses envolvidos no processo defender seus pontos de vistas e atingir um ponto de equilíbrio.

Usando os custos verificados nos países estudados, apresentados no Capítulo 4 desta tese, estimamos o custo do fechamento definitivo do CIPC. Para a bacia de rejeitos, consideramos mais adequada a estimativa com base na quantidade de rejeitos depositos no local. O valor mínimo obtido foi de US\$ 1,152 milhões e o máximo, de US\$ 9,816 milhões, com média de US\$ 4,164 milhões. Considerando que as condições de deposição usada no CIPC são bem melhores que as dos países estudados (deposição em barragem de rejeitos cujo projeto e construção passou por um processo de licenciamento que levava em conta a estabilidade do solo da região nos últimos séculos, a baixa permeabilidade do solo devido à sua característica argilosa e ocorrência secular de fenômenos meteorológicos e sísmicos), estimamos que o valor deva ficar mais próximo da média.

Para os bota-foras e cava da mina, consideramos que as informações disponíveis sobre a indústria do urânio não são adequadas para uma estimativa, e que seria mais adequada a estimativa feita em função dos gastos com a remediação de minas de outros bens minerais que apresentavam drenagem ácida, tal como aquelas do programa *Mine Environment Neutral Drainage* - MEND, do

Canadá e com base na área ocupada por seus bota-foras (FILION et al, 1990). O valor estimado é de US\$ 15 milhões. Consideramos que o fato dos bota-foras 4 e 8 estarem depositos sobre os leitos dos córregos na região, é a maior dificuldade técnica e demandará maiores recursos financeiros para ser equacionado.

Para a desmontagem das instalações das plataformas da mina e da usina e a descontaminação, estimamos com base em dados de minas pertencentes ao projeto UMTRA, Título II dos EUA, que representam em média 15% do valor gasto na remediação das bacias de rejeitos. Consideramos que os valores para as minas pertencentes ao Título I do projeto UMTRA, que podem ser vistos no Capítulo 4 desta tese são muito elevados em decorrência de seu financiamento ser feito pelo governo federal e das diversas mudanças na legislação ambiental ocorridas ao longo do processo nos últimos 20 anos. O valor estimado sobre a média do previsto para a bacia de rejeitos do CIPC é de US\$ 625 mil. Para as outras áreas, consideramos a metade do valor para as plataformas, o que corresponde a US\$ 312 mil.

O total estimado é de US\$ 21,1 milhões, o que corresponde a 8,7 % do valor de US\$ 230 milhões gasto na implantação do CIPC, calculado sem as devidas correções inflacionárias do dólar americano. Para concluir, ressaltamos novamente que essas cifras são estimativas que devem servir apenas como referência preliminar.

A boa execução do fechamento do CIPC deve ser encarada como um benefício para a credibilidade do Programa Nuclear Brasileiro. Se ele for bem conduzido, os dividendos serão maiores que os custos e investimentos. Por isso, deve-se evitar o prolongamento da vida da usina para outros fins, o que pode se constituir numa forma de transferência dos problemas para as gerações futuras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, E.C.S. **Comportamento do  $^{226}\text{Ra}$  no ambiente aquático da região da mina de urânio, Poços de Caldas, MG.** 1979. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Biofísica) - Instituto de Biofísica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. **Modificação da exposição à radiação natural devido a atividade agrícolas e industriais numa área de radioatividade natural elevada no Brasil.** 1992. 130f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_; GODOY, J.M.; ROCHEDO, E. R. R.; VASCONCELOS, L. M. H.; PIRES DO RIO, M. A. The environmental impact of the uranium industry: Is the waste rock a significant contributor? **Radiation Protection Dosimetry**, Ashfold, v. 22, n. 3, p. 165-171, 1988.

ANDRA - AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOATIFS. **Rapport de la Mission sur la methodologie de l'inventair des déchets radioatifs: Tome II : Annexes.** Fontenay aux Roses: mai. 2000. Não paginado.

\_\_\_\_\_. **Observatoire da l'Andra.** Restropective sur l'état et la localisation des déchets radioatifs depuis 10 ans. Fontenay aux Roses, nov. 2001. 78p.

ANDRADE RAMOS, J. R.; MACIEL, A. C. **Prospecção de urânio no Brasil 1970/1974.** Boletim n.4. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear, 1974. 127p.

ARNOLD, R. G. Uranium mine and mill tailings management in Canada: Present status and future directions. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT, 1983, Seattle. **Proceedings...** Vienna: IAEA. 1984. v.3, p. 549-562.

ASHBROOK, A. W. Decommissioning and reclamation of Eldorado's Beaverlodge mine/mill operations. In: ANNUAL SYMPOSIUM HELD BY URANIUM INSTITUTE, 9., 1984, London. **Proceedings...** London: Uranium Institute, 1985. p. 203-221.

BANCO MUNDIAL. Poverty Reduction and Mining. The World Bank Group. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/html/fpd/mining/key/poverty/poverty/html>>. Acesso em: 23 jan. 2001.

BARSI, R. G. An overview of Saskatchewan's program for the environmental regulations of uranium mining. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON URANIUM AND ELECTRICITY, 1988, Saskatoon, **Proceedings...** Toronto: Canadian Nuclear Society, 1988. p. 7-22 – 7-31.

BAYLE, P. Planing the Nabarlek decommissioning. Part 1: Political Aspects. ENVIRONMENTAL WORKSHOP, 1986, Camberra. **Proceedings...** Camberra: Australian Mining Council, 1986. p. 282-286.

BITAR, O. Y. Aspectos geológicos en la recuperacion de areas degradadas. In: REPETTO, F.L.; KAREZ, C. S. (Ed.) **Aspectos geológicos de protection ambiental**. Montevideo: Oficina Regional de Ciencia y Tecnologia de la UNESCO para América Latina e el Caribe, 1995. p. 71-77.

\_\_\_\_\_. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**. 1997. 185f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BMWi - BUNDESMINISTERIUMS FÜR WIRTSCHAFT. **Kosten der stillegung und sanierung von urangewinnungsprojekten im internationalen vergleich. Einflussgrößen und abhängigkeiten**. Bonn, 1995. Resumo disponível em: <<http://www.antena.nd/wise/uranium/html>>. Acesso em: 19 dez. 2000.

BRAGG, K.; POTTER, C.; JAMES, A. Recent developments in the regulation and management of Canada uranium tailings. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF WASTES FROM URANIUM MINING AND MILLING, 1982, Albuquerque. **Proceedings...** Vienna: IAEA, 1982. p. 85 -101.

BRODIE, M. J. Corporate considerations in mine decommissioning. **CIM Bulletin**, Montreal, v. 88, n. 989, p. 50-54, Apr. 1995.

CABRAL, M. (Rel.). **A questão nuclear**. Relatório de Comissão Parlamentar de Inquérito do Senado Federal sobre o Acordo Nuclear do Brasil com a República Federal da Alemanha. Política Nuclear. Brasília: v.3, p.7-60, 1983.

CAMPBELL, J. M., EMERY, A.C. RTZ's approach to mine and smelter closure planing worldwide. In: SUDBURY, 1995 CONFERENCE ON MINING AND THE ENVIRONMENT. Sudbury. **Proceedings...**Ottawa: CANMET, 1995. p. 377-384.

CARINO, A. B. Uranium recovery at the Rabbit Lake operations of Gulf Minerals Canada Limited. **CIM Bulletin**, Montreal, v.72, n. 806, p. 162-166. Jun. 1979.

CAVALCANTI, R. N. **A mineração e o desenvolvimento sustentável: casos Companhia Vale do Rio Doce**. 1996. 432f. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) - Departamento de Engenharia de Minas, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CHUNG, T. Decommissioning of US conventional uranium production centers. In: PLANING AND MANAGEMENT OF URANIUM MINE AND MILL CLOSURES, 1994, Liberec. **Proceedings...**Vienna: IAEA, Set. 1995. p. 15-25. (IAEA-TECDOC - 824).

CIPRIANI, M.; FUKUMA, H. T. **Avaliação das alternativas para tratamento de efluentes líquidos do CIPC**. Informação Técnica LABPREM n. 003/84. Poços de Caldas: Superintendência de Engenharia Mineral, Nuclebras. 1984. 10p.

\_\_\_\_\_. **Propostas do LABPREM para o tratamento de efluentes naturais do CIPC.** Relatório Técnico Específico. Poços de Caldas: Superintendência de Engenharia Mineral, Nuclebras. 1984. 158p.

\_\_\_\_\_. **Avaliação das alternativas para tratamento de efluentes líquidos do CIPC. Análise e recomendações.** Informação Técnica LABPREM n. 001/85. Poços de Caldas: Superintendência de Engenharia Mineral, Nuclebras. jan. 1985. 7p.

\_\_\_\_\_; MARTINS, L.A.M. O papel da sociedade na prevenção de impactos ambientais. **Brasil Mineral**, São Paulo, n. 202, p. 26-30, jan./fev. 2002.

CNEN - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Norma CNEN NE-3.01. Diretrizes Básicas de Radioproteção, Rio de Janeiro, 1988. 129p.

\_\_\_\_\_. Relatório de Gestão. Ano 2000. fev. 2001. 52p.

COFFMAN, F. E. The management of radioactive waste from uranium mining and milling. In, Management of wastes from uranium mining and milling. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF WASTES FROM URANIUM MINING AND MILLING, 1982, Albuquerque. **Proceedings...**Vienna: IAEA, 1982. p. 3-6.

COSTA, L. R. da. Indústria mineira e ambiente: integração ou conflito? **Boletim de Minas**, Lisboa, v. 37, n 1, p.3-20, jan./mar. 2000. Conferência proferida no seminário: “Brasil – 500 anos. A construção do Brasil e da América Latina pela mineração: história, atualidade, perspectiva” Rio de Janeiro, 29 e 30 de junho de 2000.

CROCHON, P.; DAROUSSIN, J. L. Remediation of Ecarpière uranium tailing pond by COGEMA (France). In: WORKSHOP ON ENVIRONMENTAL RESTORATION IN CENTRAL AND EASTERN EUROPE, 1994, Rez. **Proceedings...**Vienna: IAEA, 1996. p. 139-152. (IAEA TECDOC 865, v3).

CROIZAT, G.; LAURET, G. Techniques de recouvrement des résidus des usines de traitement de minerais d'uranium. **Mines et Carrières – Industrie Minérale**, Paris, v. 78, p.76-79, fév.1996.

CROWSON, P. Mining and sustainable development: Measurements and indicators. **Journal of Mineral Policy Business and Environment Raw Materials Report**, Stockholm, v. 13, n. 1, p. 27-33, 1998.

CULVER, K. B.; CHAKRAVATTI, J. L.; GORBER, D.M.; KNAPP, R. A.; DAVIS, J. B. Close-out concepts for the Elliot Lake uranium mining operations. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF WASTES FROM URANIUM MINING AND MILLING, 1982, Albuquerque. **Proceedings...**Vienna: IAEA, 1982. p. 157-168.

DAROUSSIN, J. L.; PFIFFELMANN, J. P. Uranium mining and milling sites remediation by COGEMA. Impact on the environment. In: PACIFIC BASIN NUCLEAR CONFERENCE, 9.,1994, Sydney. **Proceedings...**Camberra: The Institution of Engineers Australia, Apr. 1994. p. 941-951.

\_\_\_\_\_. Milling sites remediation – Elements for a methodology as developed in France by COGEMA. In: PLANING AND MANAGEMENT OF URANIUM MINE AND MILL CLOSURES, 1994, Liberec. **Proceedings...**Vienna: IAEA, Set. 1995. p. 119-134. (IAEA-TECDOC – 824).

\_\_\_\_\_; RUHLMANN, F. Réaménagement de sites miniers: l'exemple du site d'extraction et de traitement de minerais d'uranium de l'Écarpière (COGEMA, France). **Chronique de la Recherche Minière**, Orléans, v.66, n. 533, p. 31-41, 1998.

DAVE BURROWS at Ranger. **Australian Mining**, Chipendale, v.75, n. 11, p. 40-48, Nov. 1983.

DELATRE, D. RADWASS update. Radioactive wastes safety standards programme. **IAEA Bulletin**, Vienna. n. 42, n. 3, p. 30-34, 2000.



DRENNEN, T. E. e GLICKEN, J. The U. S. **Uranium Industry: Regulatory and Policy Impediments**. SANDIA Report SAND95-1229 - UC-503. Albuquerque: Sandia National Laboratories, Jun. 1995. 71p.

ELMER, J. UMTRA - A learning experience. **Radwaste Magazine**, Lagrange Park, p. 43-48, Nov. 1996.

FALCK, W.E. Environmental remediation strategies & techniques for cleaning radioactively contaminated sites. **IAEA Bulletin**, Vienna, v. 43, n. 2, p. 20-24, 2001.

FARGES, L.; PRADEL, J.; ZETTWOOG, P. Various Strategies in the management of wastes from uranium mining and milling. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT, 2, 1986, Winnipeg. **Proceedings...**Toronto: Canadian Nuclear Society, 1986, p. 444-446.

FEASBY, D. G. Environmental restoration of uranium in Canada: Progress over 52 years. In: WORKSHOP ON PLANING FOR ENVIRONMENTAL RESTORATION OF URANIUM MINING AND MILLING SITES IN CENTRAL AND EASTERN EUROPE, 1996, Felix. **Proceedings...**Vienna: IAEA, 1996. p. 35-48.

FERNANDES, H. R. S. M. **Subsídios ao descomissionamento da primeira indústria de mineração e beneficiamento de urânio no Brasil – O caso do Complexo Mínero Industrial de Poços de Caldas – MG**. 1997. 250f. Tese (Doutorado em Geoquímica Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói.

FILION, M. P.; SIROIS, L. L.; FERGUSON, K. Acid mine drainage research in Canada. **CIM Bulletin**, Montreal, v. 83, n. 944, p. 33-40. Dec. 1990.

FOURCADE, N.; ZETTWOOG, P. Evaluation de differents scenarios de gestion d'un stockage de residus de traitement de minerai d'uranium. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF WASTES FROM URANIUM MINING AND MILLING, 1982, Albuquerque. **Proceedings...**Vienna: AIEA, 1982. p. 169-198.

FRAYHA, R. **Urânio e tório no Planalto de Poços de Caldas – Relatório preliminar**. Boletim n. 116. Rio de Janeiro: DNPM, 1962. 79p.

\_\_\_\_\_. Histórico da Geologia e Mineralogia de Poços de Caldas. **Poços de Caldas em Revista**, Poços de Caldas, n. 13, p. 33, 1972.

FRC - FEDERAL RADIATION COUNCIL. **Guidance for the control of radiation hazards in uranium mining. Report n. 8 – Revised**. Washington: Sep. 1967. 60p.

FROST, S. E. The environment and the uranium industry. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE CANADIAN NUCLEAR ASSOCIATION, 30., 1990, Bath. **Proceedings...**Toronto: Canadian Nuclear Association, 1990 p. 15-26.

\_\_\_\_\_. Tailing Management for the 21st century. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE CANADIAN NUCLEAR ASSOCIATION, 36., 1996, Fredericton. **Proceedings...**Toronto: Canadian Nuclear Association, 1996, p. 1-14.

FY, R. M.; MORISON, I. W. Regulation of the management of waste from uranium mining and milling in Australia. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF WASTES FROM URANIUM MINING AND MILLING, 1982, Albuquerque. **Proceedings...**Vienna: IAEA, 1982. p. 41-54.

FRY, R. M. **Management of radioactive wastes from uranium mining and milling**. In: **Radioactive waste management: A geocientific assessementt**. Camberra: Academy of Science. Australia Geoscience Council, nov. 1983. 18p. (INIS conf 9434).

FUKUMA, H. T.; BRITO, J. **Processo de troca iônica para descontaminação de íons metálicos naturais**. Nota Técnica LABPR.EM n. 007/84. Poços de Caldas: Superintendência de Engenharia Mineral, Nuclebras, 1984. 51p.

GARCIA JÚNIOR, O. **Estudos da biolixiviação de minérios de urânio por *Thiobacillus ferrooxidans***. 1989. 261f. Tese (Doutorado em Ciências – Concentração Genética) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GARNETT, H. M. Australia's uranium industry – Its contribution to world nuclear energy development, and the roles of ANSTO. In: PACIFIC BASIN NUCLEAR CONFERENCE, 10., 1996, Kobe. **Anais...** Tokyo: Atomic Energy Society of Japan, 1996. p. 73-79.

---

GROESELMA, D. H. The management of uranium mill tailings in the United States of America. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF WASTES FROM URANIUM MINING AND MILLING, 1982, Albuquerque. **Proceedings...** Vienna: IAEA, 1982. p. 9-20.

HAMEL, P.; HOWIESON, J. A summary of the Canadian uranium mill tailings situation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF WASTES FROM URANIUM MINING AND MILLING, 1982, Albuquerque. **Proceedings...** Vienna: AIEA, 1982. p. 21-39.

HAMILL, K. Uranium mill licensing requirements in the United States of America. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF WASTES FROM URANIUM MINING AND MILLING, 1982, Albuquerque. **Proceedings...** Vienna: IAEA, 1982. p. 103-109.

HAW, V. A. The Canadian research program into the long-term management of uranium mine tailings. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF WASTES FROM URANIUM MINING AND MILLING, 1982, Albuquerque. **Proceedings...** Vienna: AIEA, 1982. p. 663-677.

HERRMANN, H. **Mineração e meio ambiente: Metamorfoses jurídico - institucionais**. 1995. 355f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

HEYMANN, L. The close-out of the waste management system at Agnew Lake mines. In: ANNUAL HYDROMETALLURGICAL MEETING, 12., 1982. Toronto. **Annals...Espanola**: Agnew Mines Limited, 1982, 29p.

HOFFMAN, S.; HOUSMAN, V. Update on regulations for mine waste management under RCRA. **Mining Engineering**, Littleton, v. 42, n.11, p. 1242-1244, Nov. 1990.

IAEA - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Generic models and parameters for assessing the environmental transfer of radionuclides from routine releases. Exposures of critical groups**. Vienna: IAEA, 1982. 96p. (Safety Series - 57).

\_\_\_\_\_. **Safe management of wastes from the mining and milling of uranium and thorium ores. Code of practice and guide to the code**. Vienna: IAEA, 1987. 70 p. (Safety Series - 85).

\_\_\_\_\_. **Current practices for the management and confinement of uranium mill tailings**. Vienna: IAEA, 1992. 140p. (Technical Reports Series - 335).

\_\_\_\_\_. **Decommissioning of facilities for mining and milling of radioactive ores and closeout of residues**. Vienna: IAEA, 1994. 186p. (Technical Reports Series - 362).

\_\_\_\_\_. **International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources**. Vienna: IAEA, 1996. 353p. (Safety Series - 115).

\_\_\_\_\_. **Sustainable development and nuclear energy**. Vienna: IAEA, 1997a. 66p.

\_\_\_\_\_. **Closeout of uranium mines and mills: A review of current practices.** Vienna: IAEA, 1997b. 105p. (IAEA-TECDOC-939).

\_\_\_\_\_. **Planning for environmental restoration of uranium mining and milling sites in central and eastern Europe.** Vienna: IAEA, 1997c. 214p (IAEA-TECDOC-982).

\_\_\_\_\_. **Guidebook on good practice in the management of uranium mining and mill operations and the preparation for their closure.** Vienna: IAEA, 1998. 75p. (IAEA-TECDOC-1059).

\_\_\_\_\_. **Site characterization techniques used in environmental restoration activities.** Final report of a co-ordinated research project 1995-1999. Vienna: IAEA, 2000. 232p. (IAEA-TECDOC-1148).

\_\_\_\_\_. **Measures for assuring the radiological safety of residues from uranium and thorium mining and milling.** Vienna: IAEA, 2001a. 64p.

\_\_\_\_\_. **Management of radioactive waste from the mining and milling of ores.** Vienna: IAEA, 2001b. 44p. (IAEA-SAFETY STANDARDS SERIES - DS 277).

\_\_\_\_\_. **Staty of nuclear power plants wordwild in january 2002.** Disponível em: <<http://www.iaea.org/programes/a2/index>>. Acesso em: 20 fev. 2002.

ICRP - INTENATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION.  
**Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 26.** Oxford: 1977. 53p.

\_\_\_\_\_. **Limits for the intake of radionuclides by workers. ICRP Publication 30.** Oxford: 1979.

\_\_\_\_\_. **Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 60.** Oxford, 1991. 201p.

INB - INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Relatório Anual 1995**. Rio de Janeiro: INB, Dez. 1995. 58p.

\_\_\_\_\_. **Relatório ambiental. Complexo Industrial do Planalto de Poços de Caldas - CIPC. Licença de Operação junto ao IBAMA**. Rio de Janeiro: Diretoria de Recursos Minerais, INB. jun. 1999. Paginação irregular.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Considerações sobre a evolução do bota-fora 4**. Relatório n. 50. São Paulo: IPT, jun. 1984.

KHANNA, T. Mining and environmental agenda. **Mining Magazine**, London, v. 181, n. 3, p. 158-163, Set. 1999.

LIMA, H. M.; WATHERN, P. Mine closure: A conceptual review. **Mining Engineering**, Littleton, v. 51, n. 11, p. 41-45, Nov. 1999.

LLRWMO - LOW-LEVEL RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT OFFICE. **Inventory of radioactive waste in Canada**. LLRWMO-GN-TR-99-037. Gloucester: Natural Resources Canada, 1999. 40p.

LOOTENS, D., KIERNAN, B. Mining regulations: U.S. and Australia. **Suplement to Mining Journal**, London, v. 314, n. 8059, p. 10-11, sep. 1990.

LORA, E. E. S. **Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte**. Brasília: ANEEL, 2000. 503p.

LAWSON, D. W. Options for reclaiming the Gunnar uranium tailings, Saskatchewan, Canada. In: **GEOCHEMICAL & GEOHYDROLOGICAL ASPECTS OS WASTE MANAGEMENT**, 8., 1986, Fort Collins. **Proceedings...** Accord: A.A.Balkema Publishers, 1986, p. 339-350.

MACHADO, I. F. **Recursos Minerais Política e Sociedade**. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 410p.

MACIEL, A.C.; CRUZ, R. P. **Perfil analítico do tório e terras raras**. Boletim n. 28. Rio de Janeiro: DNPM, 1973. 72p. In: PEREIRA, N. M. **O Brasil e o mercado internacional de urânio**. 1990. 224f. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MAGET, P.; VERTES, P. e BAZILE, F. **Evolution de l'industrie de l'uranium en France**. Relatório CEA - R - 2677. Fontenay-aux-Roses: Commissariat a L'Énergie Atomique, Sem data. 15 p.

\_\_\_\_\_; GANGLOFF, A. Vingt années de l'industrie minière de l'uranium en France. **Énergie Nucléaire**, Paris, v.7, n.8, p. 467 – 483, dez.1965.

MARTINS, L.A.M. **Estado e exploração mineral no Brasil. Um levantamento básico**. 1989. 349f. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MATOS, E. C.; RUBINI, L. Reservas brasileiras de urânio e sua capacidade de atendimento à demanda interna. In: VII CONGRESSO GERAL DE ENERGIA NUCLEAR Belo Horizonte: 1998. Não paginado.

McEWEN, J. Environmental assessment review of the concept of disposal of nuclear fuel waste in Canada. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE CANADIAN NUCLEAR ASSOCIATION, 32., 1992, Saint John. **Proceedings...**Toronto: Canadian Nuclear Association, 1992 p. 101-118.

McCOOL, G. D. **Australian Mining and the natural environment**. Sydney: University of South Wales, 1980. 38p. ISSN 0157 4701. ISBN 85823 171g.

MERRIT, R.C. **The extractive metallurgy of uranium**. Golden: Colorado School of Mines Research Institute, 1971. 576p.

MUNTZING, L. M. e PERSON, J. C. Environmental Remediation and Waste Management in the United States. In: INTERNATIONAL NUCLEAR LAW ASSOCIATION – NUCLEAR INTERJURA – 1993, Rio de Janeiro, 1993. **Proceedings...**Rio de Janeiro, Forense, 1995. p. 531-538.

NASCIMENTO, M. R. L. **Remoção e recuperação de urânio de águas ácidas de mina por resina de troca iônica**. 1998. 93f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

NEA - NUCLEAR ENERGY AGENCY. **Uranium. Resources, Production and Demand**. Paris: A joint report by the OECD-NEA and IAEA, 1965 - 2000. Bilingual. ISBN 92-64-17198-3.

\_\_\_\_\_. **Environmental Activities in Uranium Mining and Milling**. Paris: OECD, 1999. 173p. ISBN 92-64-17064-2.

NÓBREGA, A. W. **Análise do impacto ambiental do complexo industrial de Poços de Caldas**. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Coordenação, Nuclebras, nov. 1978. 80p.

NLB – NUCLEAR LAW BULLETIN. Paris: OECD 1965 – 2001. Bilingual.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Evaluation of guidelines for exposures to technologically enhanced naturally occurring radioactive materials**. Washington: National Academic Press, 1999. 281p.

ORTIZ, A. (Ed.) Disputa pelo poder: Anatomia do programa Nuclear Brasileiro. In: **O Brasil Nuclear - Uma anatomia do desenvolvimento nuclear brasileiro**. Porto Alegre: Tchê , 1987. p. 11-29.

PARENTE, R. C.; CASTRO, G. L. **Perfil Analítico do urânio**. 2 Ed. Boletim n. 27. Brasília: DNP M, 1988. 76 p.



PASCHOA, A.S.; BAPTISTA, G. B.; MONTENEGRO, E. C. Ra-226 concentrations in the hydrographic basins near uranium mining and milling in Brazil. In: LOW-LEVEL RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT. HEALTH PHYSICS SOCIETY TWELFTH MIDYEAR TOPICAL SYMPOSIUM, 1979, Williamsburg. **Proceedings....** WATSON, J. E. (Ed.), 1979. p. 337-350.

PEREIRA, N. M. **O Brasil e o mercado internacional de urânio**. 1990. 224f. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PHILLIPS, R.L.J.; HIMBEAULT, K.T.; TOPP, B.J.; HALBERT, B.E.; FERNANDES, S.L. Decommissioning and reclamation of the Beaverlodge uranium mine-mill operation: Current state of the transition phase. **CIM Bulletin**, Montreal, v. 93, n. 1045, p. 74-80. Nov./Dec. 2000.

PINTO, P. F. **Caracterização dos processos geoquímicos atuantes na mobilização de radionuclídeos e metais na bacia de rejeitos do Complexo Minero-Industrial do Planalto de Poços de Caldas-MG/Brasil**. 1995. 125f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal Fluminense, Niterói.

PRADEL, J. La gestion des dechets solides de l'extraction et du traitement des minerais d'uranium en France. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF WASTES FROM URANIUM MINING AND MILLING, 1982, Albuquerque. **Proceedings...**Vienna: AIEA, 1982, p. 55-68.

PRADO, V. C. S. **O impacto da produção de concentrado de urânio sobre a qualidade da água dos rios - Um estudo de caso na área do Complexo Mínero- Industrial do Planalto de Poços de Caldas**. 1994. 195f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Engenharia Nuclear e Planejamento Energético) - Coordenação dos Programas de Pós - Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PRADO, V. C. S. Impact assessment over surface waters in Poços de Caldas Uranium Mine and Milling site (Brazil). In: INTERNATIONAL CONFERENCE HEAVY METAL IN THE ENVIRONMENT, 9., 1993. Toronto. **Proceedings...**, 1993. 4p.

QUINELATO, L. A.; FUKUMA, H. T.; CIPRIANI, M. **Corrida piloto do processo de troca iônica para descontaminação de íons metálicos do efluente líquido natural do CIPC**. Nota Técnica LABPREM n. 005/85. Poços de Caldas, Superintendência de Engenharia Mineral, Nuclebras 1985. 59p.

REPETTO, F. L., KAREZ, C. S. (Ed.) **Aspectos geológicos de protection ambiental**. Montevideo: Oficina Regional de Ciencia y Tecnologia de la UNESCO para América Latina e el Caribe, 1995. 245p. ISBN: 92-9089-047-2.

RICKS, G. Closure considerations in environmental impact statements. **Minerals Industry International**, London, n. 1022, p. 5-10 Jan. 1995.

ROSADO, D. L. **Licenciamento Ambiental Federal: Procedimentos, Problemas e Avanços**. 2000. 115f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília.

SALLES, D. Relatório da CPI para proceder a investigação sobre o problema de energia atômica no Brasil. Rio de Janeiro: Câmara dos Deputados, 1962. 66p. In: PEREIRA, N. M. **O Brasil e o mercado internacional de urânio**. 1990. 224f. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SÁNCHEZ, L. H. Impactos sobre el medio antropico. In: REPETTO, F.L., KAREZ, C. .S. (Ed.). In: **Aspectos geológicos de protection ambiental**. Montevideo: Oficina Regional de Ciencia y Tecnologia de la UNESCO para América Latina e el Caribe, 1995. p. 205 – 211.

\_\_\_\_\_. **A desativação de empreendimentos industriais: Um estudo sobre o passivo ambiental.** 1998. Tese (Livre Docência). Departamento de Engenharia de Minas. Escola Politécnica . Universidade de São Paulo.

SASKATCHEWAN (PROVÍNCIA). **The Government's position on proposed uranium mining developments in Northern Saskatchewan.** Saskatoon: Dec. 1993. 88p.

SASSON, M. Closure or abandonment? **Mining Magazine**, London, p. 96-100, Aug. 1996.

SCHORSCHER, H. D.; SHEA, M. E. **The regional geology, mineralogy and geochemistry of the Poços de Caldas alkaline caldera complex, Minas Gerais, Brazil.** Poços de Caldas Project Report n. 1. NAGRA NTB 90-01. NAGRA, Jan. 1991. 31p.

SCOTT, J. S. The development of national waste water regulations and guidelines for the mining industry. **CIM Bulletin**, Montreal, v. 66, p. 39-43, Nov. 1974.

SHAPAR, H. K. Licensing and regulations of nuclear waste. **Nuclear Law Bulletin**, Paris, n. 25, p. 78-90, 1980.

SINTONI, A. **Módulo I - Homogeneização de Conceitos.** In: Controle Ambiental da Mineração. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Série Didática Especial 15. São Paulo, nov. 1994. Paginação irregular.

SMYTHE, C.; BIERLEY, D.; BRADSHAW, M. The U.S. regulatory framework for long-term management of uranium mill tailings. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RADIATION PROTECTION AND RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT IN THE MINING AND MINERALS INDUSTRY, 1995, Não informada cidade (South Africa). **Proceedings...** Washington: USDOE, 1995, 15p. (CONF 950268-1).

SOUZA, P.A. **Impacto econômico da questão ambiental no processo decisório do investimento em mineração.** 1999. 268f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SOUZA, V. P. **Drenagens ácidas do estéril piritoso da mina de urânio de Poços de Caldas: Interpretação e implicações ambientais.** 1995. 143f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

TAVARES, A. M. Informação pessoal. Superintendente de Produção Mineral. INB, 2002.

TAVEIRA, A.L.S. **Análise qualitativa da distribuição de custos ambientais: Estudo de caso da Samarco Mineração S.A.** 1997. 146f. Dissertação (Mestrado em Administração e Política de Recursos Minerais) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

THE REPORT of the Senate Select Committee on Uranium Mining and Milling. Uranium Mining and Milling in Australia. Canberra: Commonwealth of Australia, May 1997. Paginação irregular. ISBN 0 642 25135-5. Disponível em: <[http://www.aph.gov.au/senate/committee/uranium\\_ctte/report97.htm](http://www.aph.gov.au/senate/committee/uranium_ctte/report97.htm)>. Acesso em: 25 mar. 2001.

UI - URANIUM INSTITUTE. **The global nuclear fuel market - Supply and Demand 1995-2015.** Londres: UI, 1996. In: **Environmental Activities in Uranium Mining and Milling.** Paris: OECD, 1999. 173p. ISBN 92-64-17064-2.

UIC - URANIUM INFORMATION CENTRE LTD. Uranium in Australia. Former Australian Uranium Center. Disponível em: <<http://www.iuc.com.au/index.htm>>. Acesso em: 28 dez. 2001.

UNSCEAR - UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. **Sources and Effects of Ionizing Radiation.** New York: United Nations, 1993. 922p.

URANIUM Mine Cleanup in Australia. **Radwaste Magazine**, Lagrange Park., v.5, p 7-13, Nov./Dec. 1998.

USDOE - UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. **Decommissioning of U.S. Uranium Production Facilities**. DOE/EIA-0592U.S. Washington: Energy Information Administration Office of Coal, Nuclear, Electric and Alternate Fuels, 1995. 67p.

\_\_\_\_\_. U.S. Uranium production Facilities: Operating History and Remediation Cost under Uranium Mill Tailings Remedial Action Project as of 2002. Ago. 2001: Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov/cneaf/nuclear/page/umtra/title1map.html>>. Acesso em: 10 jan. 2002.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Potential Health Environmental Hazards of Uranium Mine Wastes**. Report to Congress of the United States. EPA 520/1-83-007. Washington: USEPA, 1983. Paginação irregular.

\_\_\_\_\_. **Technical Resource Document: Extraction and beneficiation of ores and minerals. v. 5. Uranium**. Washington: 1995. 74p.

VASCONCELLOS, L. M. H. **Levantamentos dos teores de  $^{226}\text{Ra}$  e de  $^{210}\text{Pb}$  em alimentos cultivados no Planalto de poços de Caldas**. 1984. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

VEIGA, L. H. S. **Avaliação do risco da exposição a poluentes radioativos e não radioativos na região da mina de urânio de Poços de Caldas, MG/Brasil**. 1995. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Biofísica) - Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

VIEIRA, S. N. **Em busca da verdade sobre a usina atômica de Poços de Caldas**. Belo Horizonte: Assembléia Legislativa de Estado de Minas Gerais, 1968. 39p.

WAHLSTRÖM, B. **Radiation in everyday life**. In: REGIONAL SEMINAR ON NUCLEAR FOR BETTER LIFE. Sofia, 1994. 8p. INIS-MF-14615.

WALKER, D. G.; FRY, R. M.; MORISON, I. W. Waste management and environmental controls in the Australian uranium mining industry. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NUCLEAR POWER EXPERIENCE, 1982, Vienna. **Proceedings...**Vienna: IAEA, 1983. v. 3, p. 289-306.

WARD, T. A.; COX, B. J. Rehabilitation of the Mary Kathleen uranium mining and processing site. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD BY THE URANIUM INSTITUTE, 9., 1984, London. **Proceedings...**London: UI, 1985. p. 222-236.

WATSON, C. D.; NELSON, R. A.; MANN, P. The U. S. uranium mill tailings radiation control act - An environmental legacy of the cold war. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NUCLEAR WASTE MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL REMEDIATION, 1993, Prague. **Proceedings...**New York: American Society of Mechanical Engineers, 1993, v.2, p. 473-487.

WEATHERHEAD, J. Planing the Nabarlek decommissioning. Part 2: Technical aspects. In: ENVIRONMENTAL WORKSHOP, 1986, Camberra. **Proceedings...**Australian Mining Council, Camberra, 1986, p. 288-297.

WESTERN GOVERNORS ASSOCIATION. Cleaning up abandoned mines: A western partnership. 1998. 24p. Disponível em: <<http://www.westgov.org/wga/publicat/public/html>> Acesso em 20 de out. 2000.

WHILLANS, R. T. The impact of Canada's environmental review process on new uranium mine developments. In: TECHNICAL COMMITTEE MEETING IN CHANGES AND EVENTS IN URANIUM DEPOSIT DEVELOPMENT EXPLORATION, RESOURCES, PRODUCTION AND THE WORLD SUPPLY DEMAND RELATIONSHIP, 1995, Kiev. **Proceedings...**Paris: IAEA/NEA 1997, p. 137-162.

WHITE, M. G.; PIERSON, C. T. Sumário da prospecção para minerais radioativos no Brasil no período de 1952 a 1960. Boletim n. 1. Rio de Janeiro: CNEN, 1974. 24p.

WHITEHEAD, W. **Decommissioning of uranium mines and mills – Canadian regulatory approach and experience.** . INFO-0219. Ottawa: AECB, 1986. 32p.

WHY Poços de Caldas. **NAGRA Bulletin**, Wettingen. n.1, p. 6-10, 1993.

WIKMAN, L. O. **Caracterização química e radiológica dos estéreis provenientes da mineração de urânio do Planalto de Poços de Caldas.** 1998. 98f, Dissertação (Mestre em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

---

## **BIBLIOGRAFIA**

CARSON, R. **Primavera Silenciosa.** São Paulo: Melhoramentos, 1962. 305p.

---

## **APÊNDICES**



## APÊNDICE A

**Quadro A.1. Séries Naturais de Radionuclídeos que Ocorrem numa Mina de Urânio**

RADIONUCLÍDEO	MEIA VIDA	PRINCIPAL RADIAÇÃO
<b>Série do <math>^{238}\text{U}</math></b>		
Urânio-238	4,47 bilhões de anos	Alfa, Raios X
Tório-234	24,1 dias	Beta, Gama, Raios X
Protactínio-234	1,17 minutos	Beta, Gama
Urânio-234	245.000 anos	Alfa, Raios X
Tório-230	77.000 anos	Alfa, Raios X
Rádio-226	1.600 anos	Alfa, Gama
Radônio-222	3,83 dias	Alfa
Polônio-218	3,05 minutos	Alfa
Chumbo-214	26,8 minutos	Beta, Gama, Raios X
Bismuto-214	19,7 minutos	Beta, Gama
Polônio-214	164 microsegundos	Alfa
Chumbo-210	22,3 anos	Beta, Gama, Raios X
Bismuto-210	5,01 dias	Beta
Polônio-210	138 dias	Alfa
Chumbo-206	Estável	Nenhuma
<b>Série do <math>^{232}\text{Th}</math></b>		
Tório-232	14,1 bilhões de anos	Alfa, Raios X
Rádio-228	5,75 anos	Beta
Actínio-228	6,13 horas	Beta, Gama, Raios X
Tório-228	1,91 anos	Alfa, Gama, Raios X
Rádio-224	3,66 dias	Alfa, Gama
Radônio-220	65,6 segundos	Alfa
Polônio-216	0,15 segundos	Alfa
Chumbo-212	10,64 horas	Beta, Gama, Raios X
Bismuto-212	60,6 minutos	Alfa, Beta, Gama, Raios X
Polônio-212	0,305 microsegundos	Alfa
Tálio-208	3,07 minutos	Beta, Gama
Chumbo-208	Estável	Nenhuma
<b>Série do <math>^{40}\text{K}</math></b>		
Potássio-40	1,28 bilhões de anos	Beta, Gama
Argônio-40	Estável	Nenhuma
Cálcio-40	Estável	Nenhuma

## APÊNDICE B

### DEFINIÇÕES E TERMINOLOGIAS

#### Sistema de Classificação de Recursos de Urânio

A NEA e a IAEA adotam um sistema próprio de classificação de recursos o qual divide-os em categorias que refletem diferentes níveis de confiabilidade das quantidades relatadas, dividindo-os depois disso nas seguintes categorias.

**Recursos Razoavelmente Assegurados (*Reasonably Assured Resources* (RAR))** - Refere-se ao urânio que ocorre em depósitos minerais conhecidos, com dimensões, teor e configuração delineadas de tal modo que as quantidades que podem ser recuperadas, a uma determinada faixa de custo de produção, usando-se tecnologias de lavra e processamento comprovadas na época da avaliação, possam ser especificadas. As estimativas de tonelagem e teor são baseadas em dados de amostras específicas e medidas do depósito e sobre o conhecimento dos depósitos conhecidos.

**Recursos Estimados Adicionais - Categoria I (*Estimated Additional Resources - Category I* (EAR - I))** - Refere-se ao urânio adicional ao RAR cuja ocorrência é inferida, principalmente com base em evidências geológicas diretas, em extensão aos depósitos bem explorados ou em depósitos cuja continuidade geológica tenha sido estabelecida mas, onde os dados específicos, incluindo medidas dos depósitos e conhecimento das características dos depósitos são considerados inadequados para classificá-los com RAR. As estimativas de tonelagem, teor e custo de delineação posterior e de recuperação são baseados em amostras disponíveis e sobre as características das partes mais conhecidas dos depósitos ou em depósitos similares.

**Recursos Estimados Adicionais - Categoria II (*Estimated Additional Resources - Category II* (EAR- II))** - Refere-se ao urânio adicional ao EAR-I com expectativa de ocorrência em depósitos cujas evidências são principalmente indiretas e que se supõe existir em tendências geológicas bem definidas ou em áreas de mineralização com depósitos conhecidos. As estimativas de tonelagem, teor e custos de descoberta, de delineação e de recuperação são baseados primariamente nas características de depósitos

conhecidos dentro das respectivas tendências ou áreas ou sobre amostragens, evidências geológicas, geofísicas e geoquímicas disponíveis.

**Recursos Especulativos (*Speculative Resources* - (SRe))** - Refere-se ao urânio adicional ao EAR-II cuja existência é suposta, principalmente com base em evidências indiretas e extrapolações geológicas, em depósitos que possam ser descobertos com as técnicas de exploração existentes na época da avaliação. A localização dos depósitos previstos nesta categoria podem geralmente ser especificados somente como estando em algum lugar de uma dada região ou tendência geológica.

A correlação entre as categorias de recursos definidos acima e as da Austrália, Canadá Brasil. França e EUA são apresentadas no Quadro A.2.

**Quadro A.2. Comparação entre o Sistema de Classificação de Recursos de Urânio Usado pela NEA/IAEA com os Sistemas Adotados nos Países Seleccionados**

	Recursos Conhecidos			Recursos não Descobertos	
NEA IAEA	Razoavelmente Assegurados		Estimado Adicional I	Estimado Adicional II	Especulativo
Austrália	Razoavelmente Assegurados		Estimado Adicional I	Não Descoberto	
Brasil <sup>1</sup>	Medido	Indicado	Inferido		
Canadá <sup>2</sup>	Medido	Indicado	Inferido	Prognosticado	Especulativo
EUA <sup>3</sup>	Razoavelmente Assegurado		Estimado Adicional		Especulativo
França	Recursos I	Recursos II	Perspectiva I	Perspectiva II	

1 - Departamento Nacional de Produção Mineral; 2 - Ministério de Energia, Minas e Reservas; 3 - Departamento de Energia. Adaptado pelo Autor.

## Sistema de Categorias de Custos de Produção de Urânio

De acordo com a sistemática adotada nos relatórios da OECD/NEA/IAEA, os recursos de urânio são divididos em 4 categorias de custos de produção de definidas como:

US\$ 40kg/U ou menos; US\$ 80kg/U ou menos; US\$130kg/U ou menos e US\$ 260kg/U ou menos.<sup>29</sup>

Para a definição dos custos de produção para classificação de recursos foram levados em conta os seguintes custos:

- Custos diretos de mineração, transporte e beneficiamento químico de minério;
- Custos associados ao gerenciamento ambiental e gerenciamento de rejeitos durante e após a mineração;
- Custos de manutenção de unidades temporariamente fora de operação, quando aplicável;
- Custos financeiros que ainda não foram amortizados, no caso de projetos novos;
- Custos financeiros para provimento de novas unidades de produção, incluindo custos de financiamento;
- Custos indiretos tais como pagamento de *overheads* de escritórios, impostos e *royalties*; e,
- Custos de pesquisa mineral e desenvolvimento, quando necessário, para delineação do minério até o estágio em que possa ser lavrado.

No Quadro A.3 apresenta-se a interrelação entre as diferentes categorias de recursos. As linhas pontilhadas indicam que não há muita diferença entre o nível de confiança ou separação das diferentes categorias e as áreas escuras indicam que as categorias de recursos são distintamente importantes porque são elas o principal suporte do mercado atual de urânio, constituindo-se no que é geralmente definido como ‘reservas’.

---

<sup>29</sup>

US\$ = Dolar dos EUA no dia primeiro de janeiro de 1999

**Quadro A.3. Relação entre os Sistemas de Classificação de Recursos e de Custo de Produção de Urânio Adotados pela NEA/IAEA**

↑ Atratividade Econômica Decrescente	Recuperável ao Custo de	US\$130 a US\$260/ kgU	Recursos Razoavelmente Assegurados	Recursos Adicionais Estimados - I	Recursos Adicionais Estimados - II	Recursos Especulativos
		US\$80 a US\$130/ kgU	Recursos Razoavelmente Assegurados	Recursos Adicionais Estimados - I	Recursos Adicionais Estimados - II	Recursos Especulativos
		US\$40 a US\$80/ kgU	Recursos Razoavelmente Assegurados	Recursos Adicionais Estimados - I	Recursos Adicionais Estimados - II	
		US\$40/ kgU ou menos	Recursos Razoavelmente Assegurados	Recursos Adicionais Estimados - I		
→ Confiabilidade Decrescente na Estimativa						

## APÊNDICE C<sup>30</sup>

### Extratos das normas da CNEN aplicáveis ao fechamento definitivo de minas e usina de urânio

#### 1. Norma CNEN-NE-1.10. nov. 1980

#### Segurança de Sistemas de Barragem de Rejeitos Contendo Radionuclídeos

### 3. DEFINIÇÕES E SIGLAS

**11) Descomissionamento do SBR** – atividade que se inicia logo após cessarem as operações de lançamento de rejeitos no reservatório, prolongando-se até que se possa prever a não ocorrência de efeitos ambientais inaceitáveis.

**13) Estabilização de Rejeitos** – (ou simplesmente estabilização) – conjunto de medidas necessárias para minimizar, a longo prazo, a erosão por ventos e águas e a lixiviação de rejeitos para águas de superfície e subterrâneas, bem como para prevenir a superação de qualquer limite aplicável de exposição à radiação.

**14) Estabilização Física** – isolamento da área de deposição de rejeitos, por meio de cobertura suficientemente espessa de materiais resistentes, tais como: argila compactada, terra, concreto etc., recebendo a superfície acabada um tratamento

**15) Estabilização Química Completa** – adição de produtos químicos em quantidades suficientes para produzir reações químicas que solidifiquem as lamas ou rejeitos semifluidos.

**16) Estabilização Química Superficial** – Aplicação de produtos químicos à superfície final de deposição de rejeitos, a fim de formar uma crosta resistente ao intemperismo.

**17) Estabilização Vegetal** – estabelecimento de cobertura vegetal apropriada sobre a superfície de deposição de rejeitos.

### 5.2. REQUISITOS BÁSICOS E CONSTRUÇÃO

**5.2.3** Os rejeitos ou estéril, contendo concentrações apreciáveis, a juízo da CNEN de radionuclídeos de meia-vida longa, são inaceitáveis como materiais de construção do SBR.

### 7.3 PROGRAMA DE DESCOMISSIONAMENTO

---

<sup>30</sup>

A numeração está de acordo com os itens das normas citadas

**7.3.1** O SBR deve ser estabilizado, química e fisicamente, de modo a assegurar que os efluentes do local atendam, naturalmente, os níveis regulatórios aceitáveis.

**7.3.1.1** A estabilização deve ser efetuada, tão cedo quanto praticável, após cessar a deposição de rejeitos.

**7.3.2** O SBR estabilizado deve apresentar meios para selar ou eliminar fontes de drenagem contaminadas, a fim de evitar, tanto quanto possível, necessidades de coletar e tratar tal drenagem.

**7.3.3** O SBR estabilizado deve ser protegido contra a contribuição de áreas de drenagem circundantes, por meio de canais de derivação ou outro meio de proteção adequado.

**7.3.4** O SBR e canais de derivação associados devem ser inspecionados regularmente e logo após qualquer ocorrência adversa (tal como cheia, sismo, etc.) de modo a assegurar integridade contínua do sistema de estabilização.

**7.3.4.1** A manutenção necessária para restituir ao sistema ou canais de derivação, sua eficácia original, deve ser realizada o mais cedo possível.

**7.3.4.2** As inspeções devem incluir levantamentos apropriados para determinar concentrações ambientais de radionuclídeos.

**7.3.4.3** O registro das atividades de levantamentos, inspeção e manutenção devem ser mantidos à disposição da CNEN.

**7.3.5** O SBR estabilizado deve ser controlado e sinalizado, de modo aprovado, para restringir o ingresso de pessoas e para prevenir o uso não autorizado de estéreis e rejeitos de mineração.

**7.3.6** O compromisso de estabilização, controle e manutenção do SBR a longo termo, deve constar como cláusula obrigatória de qualquer transação imobiliária sobre a propriedade da área onde está situado.

**7.3.6.1** A CNEN deve ser informada imediatamente sobre o novo proprietário.

## **7.4 PROGRAMA DE CONTROLE DE ESTABILIZAÇÃO DE REJEITOS**

**7.4.1** O RAS deve incluir a descrição do programa de controle de utilização dos rejeitos referidos no item 5.2.3, contidos no SBR, visando coibir seu uso como materiais de construção de modo geral.

**7.4.1.1** A utilização dos rejeitos para outros fins deve ser previamente submetida à aprovação da CNEN.

**2. Norma CNEN-NE-1.04. out. 1984**

**Licenciamento de Instalações Nucleares**

**8.10 CANCELAMENTO DE AUTORIZAÇÃO**

**8.10.1** Uma AOI ou AOP pode ser cancelada, a pedido da organização operadora antes do seu término.

**8.10.2** O requerimento para cancelamento deve prever a desmontagem da instalação, a disposição de suas partes e incluir. Se for o caso, informações relativas aos procedimentos e técnicas propostas para a alienação do material radioativo e descontaminação do local.

**8.10.3** O requerimento deve demonstrar que a desmontagem da instalação e a disposição de suas partes serão realizadas de maneira segura, de acordo com normas da CNEN, e que não acarretará nenhum prejuízo à saúde e à segurança da população como um todo. ....

**3. Norma CNEN-NE-1.13. jul. 1989**

**Licenciamento de Minas e Usinas de Beneficiamento de Minérios de Urânio e/ou Tório**

**8.10 CANCELAMENTO DA AUTORIZAÇÃO**

**8.19.1** O requerimento para cancelamento deve conter, além das informações exigidas na Norma CNEN-NE-1.04, as seguintes informações.

- a) Data mais provável do término das atividades de operação.
- b) Planos preliminares que garantam a segurança e saúde dos trabalhadores e indivíduos do público nas etapas que antecedem ao cancelamento da autorização e subsequente abandono da prática ou instalação; e
- c) Relatório dos trabalhos efetuados na mina, estado atual e suas possibilidades futuras.

**8.11 ABANDONO DA INSTALAÇÃO**

**8.11.1** É permitido à Organização Operadora abandonar uma mina quando já possui cancelamento da autorização, desde que:



- a) A mina não ofereça, no momento, condições econômicas, de segurança ou que existam razões relevantes que impeçam a continuação dos trabalhos de lavra.
- b) Todos os poços, furos, galerias ou quaisquer outras escavações para pesquisa ou remoção do minério, em superfície ou subsuperfície, tenham sido preenchidos com material de entulho ou vedados de modo a impedir a ocorrência de acidentes.
- c) Tenham sido tomadas todas as medidas necessárias para limitar o risco potencial para a saúde e segurança de qualquer pessoa.
- d) Tenham sido classificadas e demarcadas as áreas de estêreis da mina, de maneira a evitar, convenientemente, a liberação de substâncias tóxicas, radioativas ou não, para o meio ambiente; e
- e) Tenha sido executado um plano de abandono e de recuperação de áreas, previamente aprovado pela CNEN, elaborado em função dos futuros objetivos de reutilização.

**8.11.2** É permitido à Organização Operadora abandonar uma usina quando já possui o cancelamento da autorização, garantindo que:

- a) Tenham sido monitoradas descargas líquidas e gasosas e a radiação gama oriunda da usina, por um período estabelecido pela CNEN;
- b) Tenham sido tomadas medidas necessárias para minimizar de modo satisfatório a lixiviação e liberação de substâncias radioativas e outras substâncias oriundas da usina;
- c) Tenham sido descontaminados os equipamentos ou material recuperados da usina;
- d) Tenham sido desmontados e seguramente removidos edificações, estruturas, equipamentos e maquinaria contaminados não recuperáveis;
- e) Tenham sido armazenados minérios, quaisquer sucatas contaminadas e refugos;
- f) Tenha sido maximizada a quantidade de água pressurizada sobre ou através dos rejeitos da usina; e,
- g) Tenham sido estabelecidos os níveis de contaminação no ar das cadeias de decaimento do radônio e torônio, e poeiras suspensas.

## APÊNDICE D

**Quadro A.4. Lista de Normas da CNEN Aplicadas no Licenciamento de Minas e Usinas de Tratamento de Minérios de Urânio e Tório**

NE - 1.04	Licenciamento de Instalações Nucleares
NE - 1.10	Segurança de Sistemas de Barragem de Rejeitos Contendo Radionuclídeos
NE - 1.13	Licenciamento de Minas e Usinas de Beneficiamento de Minérios de Urânio e/ou Tório
NE - 2.01	Proteção Física de Unidades Operacionais da Área Nuclear
NN - 2.02	Controle de Materiais Nucleares
NE - 2.04	Proteção Contra Incêndio em Instalações Nucleares do Ciclo do Combustível
NE - 3.01	Diretrizes Básicas de Radioproteção
NE - 3.02	Serviços de Radioproteção
NN - 3.03	Certificação da Qualificação de Supervisores de Radioproteção
NE - 5.01	Transporte de Materiais Radioativos