

RENATA AMARAL DA SILVA

COMPENSAÇÃO FINANCEIRA DEVIDA AOS MUNICÍPIOS QUE  
HOSPEDEM DEPÓSITOS DE REJEITOS RADIOATIVOS

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Reatores Nucleares do Instituto de Engenharia Nuclear como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Reatores.

Orientadores: Francisco Fernando Lamego Simões Filho

Vívian Borges Martins

Rio de Janeiro

2013

SILV Silva, Renata Amaral da

Compensação financeira devida aos municípios que hospedem depósitos de rejeitos radioativos / Renata Amaral da Silva – Rio de Janeiro: CNEN/IEN, 2013.

65f.

Orientadores: Francisco Fernando Lamego Simões Filho, Vivian Borges Martins.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Reatores) – Instituto de Engenharia Nuclear, PPGIEN, 2013.

1. Compensação Financeira. 2. Depósitos de rejeitos radioativos. 3. Rejeitos radioativos de baixa e média atividade.

COMPENSAÇÃO FINANCEIRA DEVIDA AOS MUNICÍPIOS QUE  
HOSPEDEM DEPÓSITOS DE REJEITOS RADIOATIVOS

Renata Amaral da Silva

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE REATORES  
NUCLEARES DO INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR (IEN) COMO  
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU  
DE MESTRE EM ENGENHARIA DE REATORES.

Aprovada por:

---

Francisco Fernando Lamego Simões Filho, D. Sc.

---

Vívian Borges Martins, D. Sc.

---

Maria Angélica Vergara Wasserman, D. Sc.

---

Mariza Ramalho Franklin, D. Sc.

Rio de Janeiro

2013

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo calcular a compensação financeira devida aos municípios onde exista viabilidade para construção de depósitos de rejeitos radioativos de baixa e média atividade. Foi utilizada como estrutura base a metodologia desenvolvida pela CNEN presente na Resolução N°96 de 10 de Agosto de 2010, intitulada “Modelo de Cálculo para Compensação Financeira dos Municípios” onde estão estabelecidos os parâmetros para os rejeitos, instalações e locais de implantação. O cálculo foi realizado em função da deposição, temporária ou definitiva, de rejeitos sólidos, e.g. equipamentos de proteção individual (luvas, sapatilhas, máscaras, etc.), resinas e filtros usados no tratamento de efluentes, entre outros, oriundos de instalações nucleares e radiativas. São apresentados alguns exemplos de países que compensam, financeiramente ou não, municípios pela construção de depósitos de rejeitos e, em alguns casos, como ocorreu o processo de negociação entre as partes interessadas (*stakeholders*). Também são apresentadas outras formas de compensação financeira no Brasil pelas atividades industriais de grande porte que tragam risco para a população local e para o meio ambiente, como compensações por exploração de petróleo e gás, usinas hidrelétricas e usinas de mineração. Foi utilizado o inventário de rejeitos elaborado no projeto do RBMN (Repositório Para Rejeitos de Baixo e Médio Níveis de Atividade) desenvolvido pelo CDTN (2009) que traz a implementação de um repositório para armazenamento definitivo de rejeitos radioativos. A partir desses dados foi possível desenvolver um estudo de caso através da definição de quatro cenários para depósitos iniciais/intermediários e finais. Os resultados obtidos mostram montantes mensais que variam no início do período da compensação entre R\$2,6 mil e R\$79,8 mil, a partir dos quais foi elaborada uma análise crítica quanto aos parâmetros considerados e a forma de rateio do valor devido. Outrossim, tais valores foram comparados com a receita orçamentária de municípios previamente selecionados, assim como foram analisados alguns pontos divergentes na resolução.

Palavras-chave: compensação financeira, depósitos de rejeitos radioativos, rejeitos de baixa e média atividade.

## ABSTRACT

This work aims to perform calculation about the financial compensation due to municipalities with viability for construction of radioactive waste deposits from low and medium activity. It was used as methodology the framework of normative act in the Resolution N°96, August 10<sup>th</sup>, 2010, (“Model of Calculation for Financial Compensation due to Municipalities”) where there are established the parameters for the wastes, the facilities and the deployment sites. The calculation was made according with interim storage or definitive disposal of solid wastes, e.g. personal protection equipment (gloves, shoes, masks, etc) resins and filters used in wastewater treatment from nuclear and radioactivity facilities. Some examples of countries in which compensation, financial or not, was practiced in favor of municipalities due to construction of waste deposits were shown and in some cases, the way that occurred the negotiation between the stakeholders. Were also presented other forms of financial compensation in Brazil due to large-scale industrial activities that result in potential risk for the surrounding population and environment, as oil and natural gas, hydropower plants and mining. Were used the waste inventory designed by RMBN project (Waste Repository of Low and Medium Activity) developed in CDTN (2009) which presents the implementation of a repository for disposal of radioactive waste. Based on these data it was possible to develop a case study, establishing four scenarios for initial/interim storage and final disposal of wastes. The results reached monthly values that ranged from 2,6 to 79,8 thousand Brazilian Reais, from which it was performed a critical analysis of the range of parameters and the apportionment of the amount due. Likewise, these values were compared with the budget revenues of some previously selected municipalities and were examined divergent points in the normative act as well.

Keywords: financial compensation, waste radioactive deposits, low and intermediate activity waste.

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 3.1: Volume de rejeitos radioativos produzidos por instalações nucleares até 2080.....	22
Tabela 3.2: Índice de densidade demográfica.....	24
Tabela 3.3: Tipos de depósito.....	24
Tabela 3.4: Condições do rejeito para armazenamento.....	24
Tabela 3.5: Meia-vida dos rejeitos.....	25
Tabela 3.6: Índice de atividade dos rejeitos.....	25
Tabela 3.7: Valores para CF considerando a equação publicada no DOU.....	31
Tabela 4.1: Valores da CF para depósitos iniciais e intermediários.....	35
Tabela 4.2: Valores para CF para depósitos finais considerando os menores parâmetros.....	35
Tabela 4.3: Valores da CF para depósitos finais considerando os maiores parâmetros.....	36
Tabela 4.4: Valor do montante total arrecada em 300 anos para os quatro cenários.....	36
Tabela 4.5: Relação entre receita orçamentária e CF.....	37
Tabela 4.6: Relação entre receita orçamentária e CF.....	38

**LISTA DE SIGLAS**

ANEEL	– Agência Nacional de Energia Elétrica
CDTN	– Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
CNAAA	– Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto
CNEN	– Comissão Nacional de Energia Nuclear
CTMPS	– Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo
DNPM	– Departamento Nacional de Produção Mineral
FCN	– Fábrica de Combustível Nuclear
FNDCT	– Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FPM	– Fundo de Participação Municipal
HLW	– <i>High Level Waste</i>
IAEA	– <i>International Atomic Energy Agency</i>
IBAMA	– Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
ICMS	– Imposto Sobre Circulação de Mercadoria e Serviços
IEN	– Instituto de Engenharia Nuclear
ILW	– <i>Intermediate Level Waste</i>
INB	– Indústrias Nucleares do Brasil
IPEN	– Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
ISS	– Imposto Sobre Serviços
LAPOC	– Laboratório de Poços de Caldas
LLW	– <i>Low Level Waste</i>
MCTI	– Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MMA	– Ministério do Meio Ambiente
MME	– Ministério de Minas e Energia
MM	– Ministério da Marinha

RFAEL	– Relatório Final de Análise de Encerramento do Local
RAN	– Rejeitos de Alto Nível de Radiação
RAS	– Relatório de Análise de Segurança
RBMN	– Rejeitos de Baixo e Médio Níveis de Radiação
RBMN-RN	– Rejeitos Contendo Radionuclídeos Naturais
RBMN-VC	– Rejeitos de Meia Vida Curta
RBMN-VL	– Rejeitos de Meia Vida Longa
RBMN	– Repositório para Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação
RI	– Rejeitos Isentos
RL	– Relatório Local
RMB	– Reator Multipropósito Brasileiro
RVMC	– Rejeitos de Meia Vida Muito Curta
SNF	– <i>Spend Nuclear Fuel</i>
WIPP	– <i>Waste Isolation Pilot Plant</i>



## SUMÁRIO

<b>Capítulo 1 Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Justificativa.....	3
<b>Capítulo 2 Fundamentação Teórica.....</b>	<b>5</b>
2.1 Compensação Financeira e Royalties.....	5
2.2 Resolução No. 95, de 10 de Agosto de 2010.....	10
2.3 Depósito de Rejeitos Radioativos.....	11
2.3.1 Seleção e Escolha de Locais para Depósitos de Rejeitos Radioativos (CNEN-NE-6.06).....	11
2.3.2 Gerência de Rejeitos Radioativos (CNEN-NE-6.5).....	12
2.4 Projeto RBMN – Repositório para Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação.....	15
2.5 Experiência em outros países.....	18
<b>Capítulo 3 Metodologia Aplicada.....</b>	<b>21</b>
3.1 Metodologia aplicada para o cálculo da Compensação Financeira para depósitos iniciais e intermediários.....	26
3.2 Metodologia aplicada para o cálculo da Compensação Financeira para depósitos finais.....	28
<b>Capítulo 4 Resultados e Discussões.....</b>	<b>33</b>
4.1 Compensação financeira para depósitos iniciais/intermediários e finais.....	33
4.2 Análise dos montantes da compensação.....	36
4.3 Aceitação pública e licença social.....	41
<b>Capítulo 5 Conclusão e Recomendações.....</b>	<b>47</b>
5.1 Conclusões.....	47
5.2 Recomendações.....	48
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>51</b>

# Capítulo 1

## Introdução

A utilização de usinas nucleares como fonte para geração de energia vem sendo continuamente discutida no mundo. Uma das razões que justifica essa busca por fontes não fósseis de energia térmica como as usinas nucleares é que as mesmas não emitem gás carbônico para o ambiente, ou seja, não contribuem para o efeito estufa e aumento da temperatura média da Terra.

Por outro lado, o que representa um dos principais entraves quanto à aceitação pública de novas usinas nucleares são os rejeitos radioativos gerados pelo ciclo do combustível. Em locais onde persistam atividades de gerenciamento de rejeitos sem o devido controle regulatório, a região poderá ficar inapropriada para as demais atividades econômicas (como agropecuária, habitação, extração mineral, etc.) uma vez que tal área deve ser destinada para a construção e operação do depósito gerando impactos ambientais, aumentando o tráfego local e a demanda por infraestrutura, etc. Estudos são constantemente aprimorados e normas são seguidas para garantir que tais rejeitos, sejam de baixa, média ou alta atividade permaneçam devidamente segregados e isolados por longo tempo ou até que o seu nível de atividade permita um possível e seguro reprocessamento ou descarte. A conformidade com as normas de segurança fornece a confiabilidade de que os depósitos de rejeitos nucleares são seguros, no entanto questões políticas e de opinião pública nem sempre tornam possível a construção desses depósitos.

Com o aumento da quantidade de usinas nucleares e instalações radioativas no Brasil (PNE 2030, 2012), se torna cada vez mais necessária a construção de depósitos de rejeitos radioativos. Para tanto, o IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, determinou ao conceder a Licença Prévia para a Unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA), que o depósito final de rejeitos radioativos seja licenciado e comece a ser construído até o início da operação da unidade.

O projeto de um depósito de rejeitos radioativos requer características que garantam o confinamento seguro do material depositado, tais como a resistência a possíveis abalos sísmicos, a garantia de que o lençol freático não seja contaminado, etc., visando sempre a

ausência ou mitigação dos impactos ambientais e garantindo a integridade do meio ambiente e do homem ao seu entorno.

Uma forma de viabilizar a instalação de um depósito de rejeitos em um município é compensando o ônus que a população local recebe. Para isso a Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN, que também é responsável pelo gerenciamento de rejeitos radioativos e seleção e escolha de locais para construção do depósito, estabeleceu que o município que abrigar um depósito de rejeitos seja recompensado financeiramente (Resolução N° 96, 2010), assim como é feito com pagamento de indenizações para instalações que gerem risco em potencial para a população local ou demanda por infraestrutura, como usinas hidrelétricas e a construção dos reservatórios, aterros sanitários, plataformas de exploração de petróleo e gás natural, exploração mineral, etc.

O pagamento pela indenização é feito mensalmente ao município e o destino da verba pode ser aplicado em prol da sociedade, como investimentos em educação, cultura, saúde, obras de saneamento, transporte público, entre outros.

Existem outras formas de compensações devidas aos municípios e estados onde existam ocupação e exploração de terras públicas.

Um exemplo de compensação é a hidrelétrica que paga aos estados e municípios correspondentes indenizações pela exploração do recurso hídrico da região e pelo alagamento provocado para construção do reservatório. Entre os anos de 1997 e 2007 o Brasil arrecadou em compensações financeiras e *royalties* cerca de R\$11,5 bilhões. Os estados do Paraná, Minas Gerais e São Paulo, nessa ordem, são os que mais recebem compensações pelas hidrelétricas. No mesmo período o Estado de Minas Gerais se beneficiou com cerca de R\$800 milhões em recursos compensatórios (Quintela, 2008).

Outro exemplo de compensação é a devida pela exploração de petróleo e gás natural que gera diretamente aos municípios e estados envolvidos *royalties* e compensação financeira paga pela exploração do recurso natural e risco em potencial causado, além da participação especial devida pelos concessionários da exploração no caso de grande volume de produção. Os municípios que recebem maior porcentagem dos repasses são Campos do Goytacazes e Macaé totalizando pouco mais de 36% dentre os demais municípios brasileiros. Em 2006, a produção de petróleo e gás natural gerou, somando *royalties* e participações especiais, cerca de R\$16,6 bilhões em todo o Brasil (Gobetti, 2007).

A exploração mineral também gera pagamento de compensação financeira e é calculada de acordo com o faturamento líquido, ou seja, a partir da venda do minério específico. Caso a venda não ocorra, o repasse é calculado considerando somente os gastos com a exploração do minério. No ano de 2006 as empresas mineradoras pagaram em títulos de compensação financeira o equivalente a R\$ 460 milhões ao Brasil (Lima, 2007).

## **1.1 Objetivo**

O objetivo desta dissertação é analisar uma metodologia que determina o cálculo da compensação financeira devida a um determinado município que venha a abrigar em seu território depósitos de rejeitos radioativos de baixo e médio nível de radiação. A metodologia considera em seus cálculos fatores como meia-vida do material depositado, volume do rejeito, tipo de depósito a ser instalado (inicial, intermediário e/ou final), a densidade populacional do município, entre outros fatores.

Algumas outras formas de compensações e indenizações são apresentadas em nível de comparação considerando que o risco em potencial gerado por diferentes instalações implica em diferentes valores de compensações. Comparações feitas sobre as compensações adotadas por outros países na instalação de depósitos de rejeitos radioativos servirão de parâmetro para avaliar a metodologia aplicada no Brasil.

Finalmente, o trabalho irá discutir sobre as melhores formas de facilitar a aceitação popular, através de processo de consulta e escuta a comunidade local quanto aos anseios de compensação, avaliando quais são os parâmetros necessários para a “licença social” do projeto.

## **1.2 Justificativa**

A compensação a população tem como fundamento compensar transtornos causados pela construção e operação de instalações que tragam risco para a população local.

A compensação monetária é uma das formas de pagamento. Dependendo da instalação que esteja operando no local a compensação pode ser feita por outros métodos. Por exemplo, a contratação da mão-de-obra local, melhorias nas estradas da região caso a instalação gere

um grande fluxo de cargas pesadas, escolas e cursos profissionalizantes para capacitação profissional, dentre outros (Kunreuther e Easterling, 1996).

Com relação à compensação pela instalação e operação dos depósitos para rejeitos radioativos no Brasil, a CNEN adotou a compensação financeira onde mensalmente, por um período de 300 anos, o município receberá o pagamento pela construção e operação do depósito. (CNEN, 2010)

Com o uso da metodologia proposta será possível criar diferentes cenários para distintas cidades de acordo com as condições do rejeito a ser depositado, o que altera diretamente o valor da compensação. A análise de diferentes cenários de aplicação da metodologia adotada para compensação financeira permitirá avaliar as condições para a aceitação do município quanto à instalação do depósito.

## Capítulo 2

### Fundamentação Teórica

Neste capítulo vamos apresentar o embasamento teórico com base nas legislações e critérios estabelecidos pela CNEN.

#### 2.1 Compensação Financeira e *Royalties*

O propósito da compensação vem da necessidade em literalmente compensar uma região por uma perda ou dano que tenha sido resultado de alguma atividade local. Segundo Kunreuther e Easterling (1996) a compensação equivale a uma medida compensatória que ao menos compense o ônus atribuído a um local determinado, por exemplo, a construção de aterros sanitários, exploração de petróleo e gás natural, usinas de geração de energia, empresas de grande porte, depósitos de rejeitos radioativos, exploração mineral, presídios, etc. A compensação pode ser executada de diferentes maneiras, porém a mais comum é a financeira, onde os estados e municípios afetados recebem um valor monetário pago pelo empreendedor. A legislação vigente presente na Constituição Federal (1988) determina no parágrafo 1º do Art. 20 a garantia da participação no que se refere à exploração de petróleo e gás natural, recursos hídricos e minerais aos Estados, Municípios, Distrito Federal e órgãos da União, ou que a eles seja paga a compensação financeira pela exploração.

Existem divergências sobre a natureza jurídica da compensação financeira no Brasil. Como o a compensação tem como objetivo de literalmente compensar um ônus atribuído a uma região, a compensação financeira é vista como um direito do cidadão que esteja sujeito a alguma perda de espaço ou risco em potencial gerado por alguma instalação perigosa. Com isso a compensação pode ser utilizada em prol da sociedade com investimentos direcionados para melhorias da qualidade de vida da população local. O destino do repasse financeiro fica a cargo do município que irá direcioná-lo de acordo com a sua necessidade.

Os *royalties* também são uma forma de compensação financeira paga pela exploração de recursos naturais de uma região, como *royalties* do petróleo, exploração mineral e usinas hidrelétricas.

Com relação aos *royalties* do petróleo a lei Nº 7.990 de 28 de Dezembro de 1989 institui a compensação financeira destinada aos Estados, Municípios e Distrito Federal como resultado da exploração de petróleo e gás natural, de recursos hídricos e de recursos minerais. A Lei 8.001 de 13 de Março de 1990 determina os percentuais a serem pagos às partes citadas. No caso da exploração de petróleo e gás natural o montante a ser pago aos estados e municípios produtores varia de 5% a 10% da produção e depende do lugar onde ocorre a exploração, em terra ou no mar, assumindo que em quaisquer casos o estado e o município produtor recebam as maiores parcelas dos *royalties*, já que são atingidos diretamente pela exploração. O restante é distribuído entre os municípios que tenham instalações de embarque e desembarque de petróleo e gás natural, Ministério da Marinha, MM, Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, MCTI, e Fundo Especial (Lei nº 8.001, 1990). As participações especiais seguem as mesmas diretrizes do pagamento dos *royalties*, contemplando primeiramente o município e o estado onde ocorra produção em terra e em seguida o Ministério de Minas e Energia, MME, e em igual porcentagem contempla o Ministério do Meio Ambiente, MMA.

Os municípios de Campos de Goytacazes e Macaé, ambos no estado do Rio de Janeiro, são os dois municípios que mais recebem *royalties* e compensações financeiras advindas da exploração do petróleo e gás natural em nível nacional. No ano de 2006, Campos de Goytacazes e Macaé receberam juntos cerca de R\$1,2 bilhões em forma de indenização. Não somente estes municípios recebem a compensação, mas outros como Rio de Janeiro, Rio das Ostras, Cabo Frio, Armação de Búzios, etc. (Souza, 2006).

Segundo Pires Neto e Ajara (2005) em seus estudos que avaliaram as mudanças socioeconômicas em Campos dos Goytacazes e Macaé como resultados das indenizações petrolíferas mostraram que tais compensações trouxeram benefícios e investimentos aplicados para a população local. Dentre os anos de 1991 e 2001 houve aumento significativo no êxodo rural de moradores a procura de empregos nas cidades em decorrência das instalações de novas empresas vinculadas à prospecção de petróleo; em torno de 80% dos municípios de Campos dos Goytacazes e Macaé apresentam abastecimento de água e coleta de lixo, enquanto que 40% dos domicílios são atendidos com esgoto sanitário; aumento em 50% do número de empregos com salário até 03 salários mínimos, entre outros. Vale notar que até

meados dos anos 70 a economia de Macaé se sustentava basicamente da agroindústria açucareira. Outros municípios como Cabo Frio, Arraial do Cabo e Rio das Ostras direcionam grande parte de suas indenizações em aplicações em infraestrutura local, visto que são municípios que apresentam grandes atrativos para o turismo.

Já as empresas produtoras de energia elétrica pagam tanto *royalties*, pela exploração de recursos hídricos da região, quanto à compensação financeira, pelo alagamento causado para a construção do reservatório. A regulamentação da Lei 7.990 determina a indenização aos estados, municípios e órgãos da União em decorrência da exploração dos recursos hídricos da região. O valor da compensação paga equivale a 6% do valor da energia elétrica produzida, onde desses, 90% são divididos igualmente entre os estados e municípios e os 10% restantes são divididos entre o Ministério do Meio Ambiente, o Ministério de Minas e Energia e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, FNDCT (ANEEL, 2011a). Os estados que recebem a maior parte dos royalties hidrelétricos são Paraná, Minas Gerais e São Paulo, que em 2007 totalizavam cerca de 57% do montante nacional. No período de 1997 a 2012 o país recebeu em títulos de compensação um valor em torno de R\$14,3 bilhões (ANEEL, 2011b).

Um estudo feito em 54 municípios de Minas Gerais mostrou que as compensações financeiras das hidrelétricas correspondem em média 4,5% dos tributos pagos a esses municípios e corresponde ao terceiro tributo de maior arrecadação, seguido do Fundo de Participação Municipal, FPM e do Imposto Sobre Circulação de Mercadoria e Serviços, ICMS. Em alguns municípios os recursos compensatórios chegam a representar até 20% do orçamento total. Foi verificado que na maioria dos municípios houve uma variação significativa e positiva nos investimentos e saúde a saneamento, educação, infraestrutura, habitação, dentre outros, no entanto estes investimentos ainda dependem notoriamente de outros recursos, como FPM, ICMS e ISS, Imposto Sobre Serviços. (Quintela, 2008).

A exploração mineral também gera compensações ao Município, Estado e União devida pelas mineradoras, onde o município produtor recebe 65% do montante arrecadado, 23% vão para o estado onde foi extraída a substância mineral e os 12% restantes vão para a União, divididos entre IBAMA e DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral. Assim como as demais formas de compensação, esta também pode ser investida em benefício da população local a qual é afetada diretamente com a exploração mineral (CF, 1988).

Segundo Kunreuther e Easterling (1996) o valor da compensação deve ser considerado levando em consideração o tipo de instalação e os impactos potenciais gerados. Dependendo



da instalação os impactos negativos podem ser inúmeros, como poluição da água de rios ou de lençóis freáticos, emissão de substâncias tóxicas ou radioativas, aumento do tráfego na região com constante uso de carros e caminhões, aumento na demanda por serviços públicos, desvalorização de imóveis, queda no turismo regional, entre outros.

Em alguns casos a compensação não é necessariamente financeira, mas visa mitigar possíveis impactos que alguma instalação nociva possa gerar na região a fim de investir em determinadas infraestruturas. Por exemplo, a construção de um aterro sanitário envolve diretamente preocupações com o meio ambiente, saúde e transporte. O empreendedor poderia investir em hospitais e postos de saúde da região para que se tenha suporte para atender um grande número de pessoas caso ocorra algum tipo de vazamento químico que venha a contaminar pessoas, alimentos, água, etc. Também poderia reformar e duplicar estradas e ruas próximas para que possam suportar o aumento do tráfego com as inúmeras cargas pesadas que transitassem diariamente pela região; investir em programas que orientem pessoas sobre a importância da separação do lixo e sua reciclagem; gerar emprego e contratar mão-de-obra da própria região são algumas formas de compensação (Kunreuther e Easterling, 1996).

O Art. 1º da Lei nº 10.308 de 20 de novembro de 2001 especifica:

*“Esta lei estabelece normas para o destino final de rejeitos radioativos produzidos em território nacional, incluídos a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes aos depósitos radioativos”.*

Esta lei atribui a CNEN e às instalações geradoras de rejeitos radioativos algumas responsabilidades. Cabe a CNEN:

- a. Fazer a seleção de locais adequados para a instalação dos depósitos intermediário e final, sendo sempre a responsável mitigação dos eventuais impactos ambientais;
- b. Construir, licenciar e fiscalizar os depósitos intermediários e finais. A construção do depósito inicial é responsabilidade da instalação produtora de rejeitos;
- c. Administrar e operar os depósitos intermediário e final;
- d. Transferir os rejeitos do depósito intermediário para o final. A transferência de rejeitos do depósito inicial para o intermediário é responsabilidade da instalação produtora de rejeitos.

O artigo 34 dessa mesma legislação determina que o município que abrigar um depósito de rejeitos radioativos, iniciais, intermediários ou finais, deverá receber mensalmente compensação financeira pela instalação do depósito. E ainda determina que essa compensação não possa ser inferior a 10% do montante arrecadado pela CNEN pago pelos operadores que geram os rejeitos nucleares. Exclusivamente para depósitos finais a CNEN determinará o valor dessa porcentagem que poderá ser maior do que 10%.

A CNEN será responsável em pagar mensalmente ao município o valor correspondente à compensação financeira referente à instalação dos depósitos finais. Quando se tratar de depósitos iniciais a compensação será paga pelas instalações geradoras de rejeitos radioativos diretamente ao município.

## 2.2 Resolução No. 96, de 10 de Agosto de 2010

A CNEN estabeleceu na resolução N°95 em 10 de Agosto de 2010 a metodologia intitulada “Modelo de cálculo para compensação financeira dos municípios”.

A resolução determina a compensação financeira que deve ser paga mensalmente ao município que abrigar depósitos iniciais, intermediários ou finais de rejeitos radioativos de baixa e média atividade por um período de 300 anos, com exceção dos rejeitos de mineração e do beneficiamento do minério, tal como recomendado pela Agência Internacional de Energia Atômica, IAEA (2006).

Os rejeitos serão segregados e acondicionados nos depósitos de acordo com o seu nível de atividade. Não será necessário que se finalize o processo de enchimento de um módulo para que se inicie o pagamento da compensação. O valor anual já estará previsto com base no inventário de rejeitos determinado pelo gerador de rejeitos.

Quando for realizada a transferência dos rejeitos do depósito inicial para o intermediário e então para o final, ou diretamente do inicial para o final, o tempo utilizado na metodologia dos cálculos para compensação não irá considerar o tempo em que o rejeito ficou armazenado no depósito inicial ou intermediário. Ou seja, um município que tenha instalado em seu território os três tipos de depósito a priori receberá um valor que será corrigido com a transferência dos rejeitos e a contagem reiniciará a partir dali.

Deve-se ressaltar que a norma não se aplica a rejeitos provenientes de instalações de extração de minério nem trata de critérios para a seleção de locais para instalação de depósitos e gerenciamento de rejeitos. Tais critérios estão estabelecidos na norma CNEN-NE-6.06 e CNEN-NE-6.05 que serão tratados nos tópicos 2.3.1 e 2.3.2.

A resolução em questão considera um único parâmetro referente ao município, a demografia. Os demais são referentes principalmente às características do rejeito e do depósito e aos fatores financeiros já determinados pela CNEN.

As operações com todos esses fatores vão resultar no valor que será pago a CNEN pela empresa geradora dos rejeitos para arcar com os custos de construção e manutenção do depósito, sabendo que a lei 10.308 determina que 10% desse valor deve ser pago ao município como forma de compensação pela utilização do espaço para abrigar o depósito inicial e intermediário.

## **2.3 Depósito de Rejeitos Radioativos**

Como a resolução N° 96 não especifica os critérios de seleção de locais para instalação do depósito nem trata do gerenciamento de rejeitos, deve-se seguir os requisitos estabelecidos nas normas CNEN-NE-6.06 e CNEN-NE-6.05, conforme apresentados a seguir.

### **2.3.1 Seleção e Escolha de Locais Para Depósitos de Rejeitos Radioativos (CNEN-NE-6.06)**

Segundo a norma CNEN-NE-6.06, Seleção e Escolha de Locais para Depósitos de Rejeitos Radioativos, um depósito de rejeitos radioativos é “*instalação designada para armazenamento ou deposição de rejeitos radioativos*”.

Como consta no item 1.1 da norma citada, o objetivo da norma é estabelecer requisitos mínimos e exigências cabíveis para a escolha de um determinado local em potencial para a instalação de depósitos de rejeitos radioativos garantindo sempre a plena segurança do homem e do ambiente enquanto o material estiver ali depositado.

Inúmeras exigências devem ser atendidas quanto à adequação do local específico que a princípio é analisado de modo regional com a identificação de regiões de interesse em grande escala. Estas regiões são primeiramente analisadas de acordo com critérios de exclusão através dos quais se delimitam as áreas preliminares por eliminação de zonas excluídas e então reduzindo a uma escala menor com a adoção de critérios de seleção para mapeamento das áreas potenciais. Finalmente, são adotados critérios ponderados de adequação para seleção de sítios candidatos e a esses locais são atribuídas exigências a fim de qualifica-lo como local apropriado para instalação do depósito.

O depósito deve ser construído adequadamente de modo a impedir que ocorram infiltrações para seu interior ou liberações de material radioativo para o meio externo contaminando possíveis rios, lençóis freáticos, poços, fauna e flora, ou seja, permitir o confinamento seguro do material até que os níveis de atividade decaiam até os níveis compatíveis com os limites prescritos nas normas da CNEN.

Durante cada etapa de avaliação, da região de interesse até o sítio candidato, o processo de seleção e escolha de locais deve atender a quatro fatores fundamentais que são fatores determinantes para permitir que uma etapa avance para a seguinte ou impedir o uso de um determinado local. São eles:

- a. Fatores ecológicos: avaliar o impacto da implantação e operação do depósito na fauna e flora; levantamento de dados das espécies raras ou ameaçadas.
- b. Fatores socioeconômicos: levantamento demográfico da região com projeções futuras; levantamento das atividades pastorais, agrícolas, industriais e comerciais; análise da infraestrutura local para transporte de material radioativo; projeções das consequências econômicas como resultado da instalação do depósito na região.
- c. Fatores geológicos e sismológicos: análise das condições geológicas estruturais, estratigráficas e litológicas da região, relacionando estas à história geológica e aos aspectos tectônicos,
- d. Fatores fisiográficos: análise das condições climatológicas e meteorológicas locais; caracterização das águas superficiais e hidrogeologia.

O item b acima tem atenção especial neste trabalho, pois trata das consequências socioeconômicas do local e das repercussões que podem ser geradas com a instalação de um depósito. A geração de empregos locais alterando diretamente a economia local e a qualidade de vida da população é um resultado positivo, no entanto deve-se analisar igualmente os possíveis resultados negativos, e.g. aumento do tráfego na região, aumento pela demanda de serviços e infraestrutura, desvalorização de imóveis, redução no turismo local e o próprio risco em potencial inerente a construção do depósito, havendo nesse caso a compensação financeira pelo ônus associado (Kunreuther e Easterling, 1996).

### **2.3.2 Gerência de Rejeitos Radioativos (CNEN-NE-6.05)**

O objetivo desta norma é estabelecer critérios de segurança e proteção radiológica aplicados diretamente ao gerenciamento de rejeitos radioativos provenientes de instalações radiativas. Os rejeitos são classificados em classes de acordo com a sua natureza e seu nível de atividade. As classes são as seguintes:

Classe 0 – Rejeitos Isentos (RI): rejeitos com níveis de atividade abaixo dos níveis de isenção.

Classe 1 – Rejeitos de Meia Vida Muito Curta (RVMC): rejeitos com meia-vida da ordem de 100 dias.

Classe 2 – Rejeitos de Baixo e Médio Níveis de Radiação (RBMN): rejeitos com meia-vida superior a 100 dias e potência térmica inferior a  $2\text{kW/m}^3$ .

Classe 2.1 – Rejeitos de Meia Vida Curta (RBMN-VC): rejeitos emissores de radiação beta e gama com meia vida inferior ou da ordem de 30 anos.

Classe 2.2 – Rejeitos Contendo Radionuclídeos Naturais (RBMN-RN): rejeitos da extração de petróleo contendo radionuclídeos naturais das séries de urânio e tório.

Classe 2.3 – Rejeitos Contendo Radionuclídeos Naturais (RBMN-RN): rejeitos contendo matérias primas minerais naturais ou industrializadas das séries de urânio e tório.

Classe 2.4 – Rejeitos de Meia Vida longa (RBMN-VL): rejeitos com meia vida longa superior a 30 anos.

Classe 3 – Rejeitos de Alto Nível de Radiação (RAN): rejeitos com potência térmica superior a  $2\text{kW/m}^3$  e meia vida longa superior a 30 anos.

Esta norma se aplica aos rejeitos das classes 1, 2.1 e 2.4 e pode ser aplicada aos de classes 2.2 e 2.3 se os mesmos estiverem acondicionados em embalagens.

Dentre as atribuições e exigências submetidas ao gerenciamento de rejeitos radioativos está o processo segregação dos rejeitos. A fim de fornecer garantias quanto ao condicionamento seguro dos rejeitos em depósitos iniciais, intermediários, finais ou provisórios. Estes rejeitos inicialmente devem ser segregados de acordo com características, como: estado físico; meia vida; se são compactáveis ou não; orgânicos ou inorgânicos; níveis de corrosão e inflamabilidade, dentre outros.

Empacotamento e transporte de rejeitos radioativos também são de responsabilidade da gerência de rejeitos. O processo exige uma vedação adequada ao material embalado a fim de evitar possíveis vazamentos e especificação do conteúdo interno e do símbolo indicativo de presença de radiação.

Quando o material acondicionado nos depósitos atinge níveis de atividade tais que são compatíveis com níveis de dispensa estes podem ser coletados ou liberados como rejeitos

comuns mediante autorização prévia da CNEN. Os níveis de dispensa de controle regulatório para atividade de cada radionuclídeo presente nos rejeitos estão previstos na norma em tela. Os rejeitos sólidos podem ser removidos pelo sistema de coleta urbano, os rejeitos líquidos podem ser liberados na rede de esgoto e os rejeitos gasosos liberados na atmosfera, reiterando a importância na segregação dos rejeitos antes de serem acondicionados nos depósitos.

Os objetivos da norma são de caráter eminentemente técnico, porém a experiência internacional recente tem demonstrado que o sucesso de um processo de implantação do repositório depende muito sobre os procedimentos adotados durante as atividades relacionadas, particularmente no que diz respeito à consideração das impressões e a opinião das partes interessadas (“stakeholders”) nas fases de planejamento e pré-operacional da implantação do repositório. Neste contexto, a assim chamada “licença social” é considerada uma questão-chave. Esse é um conceito emergente que é difícil de definir, mas é geralmente relacionado à concepção geral de identificar as demandas e expectativas relativas ao empreendimento, a partir da vizinhança, grupos ambientalistas, membros da comunidade e outros membros da sociedade civil. Obter a licença social exige das empresas uma mudança de perspectiva. Os aspectos de suas operações serão constrangidos a atender as expectativas da sociedade e evitar atividades que as comunidades considerem inaceitáveis. Hoje a aceitação pública da energia nuclear depende necessariamente do processo de “licença social”. Branco et al (2009a) desenvolveram uma metodologia para seleção de sítio de repositórios que tenta acomodar os critérios emanados da legislação aplicável e alguns resultados práticos da experiência internacional na implementação do projeto repositório, evidenciando a comunicação social e estudos de percepção pública. No entanto, a compensação aos municípios que hospedem tais sítios não tem levado em consideração os aspectos sociais, referindo-se apenas a poucos parâmetros de natureza exclusivamente técnica.

## **2.4 Projeto RBMN – Repositório Para Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação**

A necessidade da construção de um depósito de rejeitos radioativos se torna cada vez mais evidente com a futura entrada em operação da Unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto e das demais usinas com previsão para início da construção para os próximos anos. Nesse sentido, o IBAMA determinou a construção do depósito para rejeitos de baixo e médio níveis de radiação como uma exigência para o início das operações da mesma (Licença Prévia IBAMA).

O licenciamento nuclear visa demonstrar que o projeto de instalação atende aos requisitos de segurança. Além disso, as medidas de radioproteção deve assegurar que o funcionamento da instalação não irá comprometer o meio ambiente, a saúde dos trabalhadores expostos e do público em geral. O licenciamento nuclear de um depósito final de rejeitos radioativos ocorre em três fases, sendo que cada uma depende da emissão de certificados de aprovação de documentos, definidos pela CNEN nos Requisitos de Segurança para Depósitos Finais de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Nível de Radiação (IN-DRS-010, 2007). Na primeira fase (aprovação do local), o operador submete um relatório de local (RL) onde apresenta a descrição de tópicos relevantes para caracterização da área. Na segunda fase (aprovação da construção e operação), o operador deve apresentar o Relatório de Análise de Segurança (RAS) onde constem as informações sobre o projeto, construção e operação do repositório, descomissionamento do sítio, análise de segurança (liberação de radioatividade e proteção contra intrusão); radioproteção e exposição ocupacional; procedimentos operacionais (estrutura organizacional, qualificação do operador, programas de treinamento, plano de emergência local, procedimentos operacionais e administrativos e proteção física) e programa de garantia de qualidade. Na terceira e última fase (encerramento de atividades), o operador submete o Relatório Final de Análise de Encerramento de Local (RFAEL) com a revisão final e os detalhes específicos da implantação do plano de encerramento do sítio, apresentados no RAS (CNEN, 2009d).

Para tanto, um grupo pesquisadores coordenados pelo Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, CDTN, desenvolveu uma proposta para construção do depósito intitulada “Projeto RBMN – Repositório para Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação” (CNEN, 2009a), onde são abordados os seguintes tópicos:



- a. Estimativa do volume de rejeitos gerados até 2080;
- b. Formas de armazenamento em concordância com os parâmetros geológicos da região;
- c. Análise da composição radioisotópica dos rejeitos;
- d. Descrição dos sistemas que irão compor toda a área da instalação do depósito, como edifícios administrativos, laboratórios, entre outros;
- e. Características do sistema de deposição, como medidas das áreas destinadas aos contêineres e módulos e a capacidade de armazenamento de cada, tanto para rejeitos de baixo e médio níveis quanto para rejeitos de muito baixo nível de radiação;
- f. Área total do repositório;
- g. Aplicações de metodologias para seleção de locais;
- h. Licenciamento e análise de segurança.

A área total utilizada para construção do repositório, que será construído próximo à superfície, será de aproximadamente 22 ha com a área destinada para deposição em torno de 3,6 ha, sendo respeitadas, portanto as distâncias de segurança entre os depósitos e as demais áreas, como centros administrativos, laboratórios, pesquisa e desenvolvimento, entre outros.

O sistema adotado para a deposição dos rejeitos de baixo e médio nível foi o de múltiplas barreiras que permite uma maior confiabilidade quanto à segurança. As barreiras correspondem aos tambores, contêineres e módulos. Os rejeitos serão inicialmente acondicionados dentro de tambores de 200 litros e em seguida são colocados dentro dos contêineres de concreto com capacidade para até 32 tambores. Os contêineres então serão colocados dentro dos módulos de concreto com capacidade para até 360 contêineres. Considerando o cenário para a geração máxima de rejeitos serão necessários 18 módulos, totalizando uma área de aproximadamente 3,0ha.

Para o armazenamento de rejeitos de muito baixo nível de radiação não se torna necessário o sistema de segurança adotado para os rejeitos de baixo e médio nível. Trincheiras impermeabilizadas contra infiltração satisfazem as exigências de segurança. A área destinada para armazenamento desses rejeitos será de 0,6 ha.

O projeto também aborda como local estratégico para instalação do depósito uma região relativamente próxima à instalação que produz a maior quantidade de rejeitos radioativos até o momento, facilitando assim o transporte dos rejeitos. A região englobaria um raio de 200 km da CNAAA que é atualmente a instalação com maior produção de rejeitos e que terá ainda um incremento com o início das operações da Unidade 3 (CNEN, 2009b).

Os critérios aplicados para a seleção de local devem estar de acordo com as exigências da CNEN, assim como os critérios de segurança e licenciamento. Para estimar os custos parciais para a implantação do repositório considerando todas as fases do licenciamento é necessário levar em conta as seguintes etapas do projeto:

#### Fase pré-operacional

- ✓ Planejamento (inventário preliminar, projeto conceitual inicial, cronograma preliminar e a estimativa preliminar dos custos);
- ✓ Licenciamento técnico (escolha do local, licenciamento ambiental e nuclear);
- ✓ Licença social (comunicação e participação dos interessados);
- ✓ Projeto (especificação de inventário, desembolso físico-financeiro e detalhes do cronograma);
- ✓ Construção (armazenamento, disposição final e instalações de apoio, entre outros).

#### Fase Operacional

- ✓ Operação da implantação do RBMN;
- ✓ Custos adicionais (remediação/recuperação, incentivos ambientais e compensações, entre outros).

#### Fase Pós-operacional

- ✓ Desmantelamento e encerramento;
- ✓ Pós-encerramento (monitoramento e controle institucional)

O orçamento para construção do RBMN, levando em conta a compra de softwares e equipamentos, contratação de pessoal para licenciamento, consultoria de empresas terceirizadas, elaboração do projeto, pesquisa e desenvolvimento, construção do depósito, tratamento, setores administrativos, dentre outros (Branco et al., 2009b), foi estimado em US\$ 115.800.000,00 (R\$231.800.000,00 com dólar de referência a 2 reais).

## 2.5 Experiência em outros países

A compensação financeira pela construção de depósitos para armazenamento temporário ou definitivo de rejeitos radioativos de baixa, média e alta atividade é um comprometimento das empresas produtoras de rejeitos com a população local. No Brasil esta prática ainda não foi implementada, mas em alguns países a compensação já é executada a fim de compensar o ônus recebido. É possível perceber que a compensação tem um importante papel na tomada de decisão para implantação de instalações radioativas, neste caso, os depósitos de rejeitos radioativos (Kojo e Richardson, 2009).

A compensação nem sempre é financeira, com pagamento feito periodicamente ao município. Em alguns casos investimentos em infraestrutura local, participação nos lucros e isenção de taxas são formas alternativas de compensação. A seguir temos alguns exemplos de compensação feita em alguns países:

### Finlândia (SNF – *Spend Nuclear Fuel, L / ILW – Low and Intermediate Level Waste*)

- ✓ Criação de postos de trabalho durante a construção do repositório;
- ✓ Projetos de desenvolvimento para a comunidade local visando projeções futuras, como centros de pesquisa e desenvolvimento;
- ✓ Impostos pagos diretamente a comunidade local;
- ✓ Projetos de capacitação para absorver mão-de-obra local para a instalação.

### Canadá (L / ILW – Low and *Intermediate Level Waste*)

- ✓ Contratação de mão-de-obra local para construção do depósito;
- ✓ Indenizações para possível desvalorização de imóveis;
- ✓ Compensação financeira de €1,5 milhões;
- ✓ Investimento de €23 milhões em capacitação de pessoas.

### França (L / HLW – Low and *High Level Waste*)

- ✓ Contratação de mão-de-obra local;
- ✓ Investimentos em projetos de infraestrutura e desenvolvimento;
- ✓ Compensação financeira de €25,5 milhões;
- ✓ Impostos das instalações nucleares direcionados diretamente para as cidades próximas.

### EUA (WIPP – *Waste Isolation Pilot Plant, LLW – Low Level Waste*)

- ✓ €14 milhões investidos em melhorias de estradas locais;
- ✓ Participação nos lucros das instalações.

Um estudo de caso feito por Kojo e Richardson (2009) analisa o processo de seleção de local para instalação de um repositório nuclear e a compensação financeira devida ao município de Eurajoki, na Finlândia, juntamente com a participação da comunidade local em todas as etapas de decisão. Representantes comunitários e deputados tinham o poder de veto e aprovação juntamente com as empresas responsáveis pela geração de rejeitos. Ao final dos anos 90 após inúmeras reuniões o município decidiu por investimentos em curto prazo para a comunidade local visando beneficiar as gerações futuras, além da compensação financeira.

A empresa geradora se propôs a pagar como forma de compensação parte dos empréstimos do município e investir na construção de um estádio de hóquei no gelo, de uma escola secundária e de um lar para cuidar de idosos. Além disso, a empresa garantiu a criação de postos de trabalho durante a construção do repositório e investimento e capacitação para absorver mão-de-obra local para a instalação.

O município ainda determinou o pagamento da compensação financeira em €1,19 milhões pela construção do repositório e um pagamento anual de €50 mil por cinco anos ao fundo de desenvolvimento da região. A compensação por si a princípio é um valor modesto, mas o que chama a atenção é que ao final das negociações entre empresas e a comunidade mais de 60% das pessoas eram a favor da construção do depósito, enquanto que no início eram pouco mais de 40%, ou seja, o poder de participação e decisão deu à população condições expor as suas prioridades e necessidades e abriu portas para novos empreendimentos locais (Kojo e Richardson, 2009).

Outro estudo que mostra como a compensação não-financeira pode influenciar positivamente no processo de aceitação do público local para construção de instalações que gerem risco em potencial para uma localidade foi o de Portney (1985). Moradores de 5 cidades do estado de Massachusetts (Brockton, Chelsea, Newton, Sturbridge e Ware) foram entrevistados acerca da construção de um local para tratamento de rejeitos tóxicos. Inicialmente, sem a apresentação da proposta de quaisquer compensações ou indenizações, em todas as cidades mais da metade dos entrevistados se opôs a construção, sendo a cidade de Ware a que apresentou o maior índice de rejeição, quase 76%.

Os empreendedores então propuseram alguns incentivos econômicos para a região a curto e longo prazo, por exemplo, o pagamento de taxas aos proprietários; pagamento de impostos à cidade em função do montante de rejeito tratado; a contratação de residentes locais

para a instalação; repavimentação de estradas em decorrência de grande quantidade de caminhões em trânsito diariamente; construção de 5 escolas em cada cidade; indenizações para possíveis desvalorizações de imóveis; entre outras medidas. Além das propostas de incentivos econômicos aos empreendedores, também deram garantias quanto à segurança física da instalação.

Após as propostas de compensação os percentuais de aceitação para a construção aumentaram em quatro das cinco cidades. No entanto não se mostrou um aumento muito significativo, com exceção da cidade de Ware, que aumentou de 22,8% para 56,4%, e que provavelmente está relacionado com o fato de que uma grande porcentagem da população se opunha à construção (Portney, 1985).

Segundo o autor, incentivos econômicos ainda não são suficientes para conseguir em maiores proporções a aceitação da população local, visto que reside fortemente o medo associado ao risco de instalações perigosas, mas é considerado um passo importante para o processo de negociação entre os empreendedores e a população (Portney, 1985).

No caso da compensação financeira, o cálculo para estimar o montante devido pela operação de algum tipo de instalação perigosa para a população da região depende das variáveis e dos métodos utilizados e considerados relevantes. Grootuis et al (1998) adotou o método que mostra que o montante de compensação financeira, o risco em potencial e a demografia são importantes no processo de tomada de decisão quanto a aceitação do local. Uma pesquisa foi realizada com moradores da cidade de Lawrence County, Pennsylvania, que avaliou a “disposição para aceitar” (*willingness to acceptance ou WTA*) o risco.

O estudo encontrou um intervalo de valores prováveis para a compensação que utilizou métodos distintos na estimativa. No primeiro método, que considerava o risco associado, a possibilidade do voto de aceitação estava diretamente relacionada com o valor do montante a ser pago e inversamente com o risco associado, o que era esperado. No segundo método foi percebido que as pessoas que tinham mais renda eram menos influenciadas pelo valor da compensação e com isso o peso do montante diminuía. No terceiro método verificou-se que pessoas idosas eram menos preocupadas em se prevenir contra os riscos de uma instalação perigosa. Os autores concluíram que a compensação financeira para a cidade de Lawrence County abrangeria um valor entre US\$36 milhões e US\$48,8 milhões por ano (Grootuis et al., 1998).

## Capítulo 3

### Metodologia

Neste capítulo vamos apresentar a metodologia para o cálculo da compensação financeira prevista na Resolução N° 96/2010, “Modelo de cálculo para compensação financeira dos municípios” desenvolvida pela CNEN (BRASIL, 2010).

Para o cálculo efetivo da compensação são considerados fatores que representam determinada variável. Por exemplo, a meia-vida característica do material é utilizada nos cálculos, no entanto o valor efetivo da meia-vida específica não é utilizado com sua respectiva unidade. A resolução considera faixas de meia vida e para cada intervalo usa-se um parâmetro dado em porcentagem. Para materiais emissores de beta e gama com meia vida inferior a um ano e atividade específica igual ou inferior a 3.700Bq/g utiliza-se nos cálculos o parâmetro de 40%. Já para rejeitos também emissores de beta e gama, porém com meia vida superior a um ano e inferior a 30 anos, a este se atribui o parâmetro de 50%. E por último para rejeitos com meia vida superior a 30 anos considera-se o parâmetro de 60%.

Esse procedimento é adotado em praticamente todas as variáveis. Deve-se especificar se o depósito é inicial, intermediário ou final, se o rejeito passou ou não por um processo de tratamento, a meia vida e a concentração de atividade dos radionuclídeos no material, além da densidade demográfica correspondente ao município. Para todas essas variáveis são atribuídos seus respectivos fatores em porcentagem.

Utilizamos como base o inventário de rejeitos radioativos previsto pelo Projeto do RBMN, onde é feita uma estimativa do volume de rejeitos gerados até 2080. Segundo o RBMN, a proposta do repositório é que sejam armazenados rejeitos radioativos provenientes de aplicações nucleares na geração de energia, na pesquisa, na indústria e na medicina, assim como para rejeitos advindos do descomissionamento de tais instalações. Excluem-se os rejeitos de mineração e extração de urânio (CNEN, 2009a).

A tabela 3.1 apresenta uma estimativa da quantidade de rejeitos que serão produzidos até 2080 (CNEN, 2009c) pelas instalações que estão atualmente em atividade e pelas que ainda estão em projeto ou construção. A partir dessa data o depósito seria fechado, ou seja, não receberá mais rejeitos radioativos, mas não seria descomissionado.

Tabela 3.1: Volume de rejeitos radioativos produzidos por instalações nucleares até 2080.  
 Fonte: Elaboração própria a partir de “Relatório Técnico – Grupo Inventário” (CNEN, 2009c)

<b>Instalações geradoras de rejeitos radioativos</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>
<b>CNAAA (Angra 1, Angra 2 e Angra 3) e 4 Centrais Futuras</b>	<b>22.840</b>
<b>Centro Tecnológico da Marinha (CTMSP)</b>	<b>8.692</b>
<b>Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)</b>	<b>7.020</b>
<b>Descomissionamento de instalações nucleares</b>	<b>6.392</b>
<b>Fontes seladas fora de uso</b>	<b>608</b>
<b>Institutos da CNEN (IEN, IPEN, CDTN e LAPOC)</b>	<b>509</b>
<b>Fábrica de Combustível Nuclear (FCN-INB)</b>	<b>479</b>
<b>Para-raios e detectores de fumaça</b>	<b>400</b>
<b>Total</b>	<b>46.940</b>
<b>Cenário com 8 novas Centrais</b>	<b>10.560</b>
<b>Total</b>	<b>57.500</b>

Segundo estudos e trabalhos de Martins (2009) que apresentam uma metodologia para construção de repositórios definitivos no Estado do Rio de Janeiro para deposição definitiva de combustível nuclear usado, assumimos que tal metodologia também pode ser aplicada no que se refere à seleção de sítios para construção e operação de depósitos de rejeitos de baixa e média atividade. Vale ressaltar que os depósitos de baixa e média atividade apresentam riscos muito menores ao ambiente do que os repositórios de combustível usado, por isso as exigências quanto à segurança e proteção radiológica não são tão rígidas, mas mesmo assim estão dentro dos padrões exigidos pela norma CNEN-NE-6.06.

A Figura 1 mostra as regiões no mapa do estado do Rio de Janeiro com seus respectivos índices de adequabilidade:

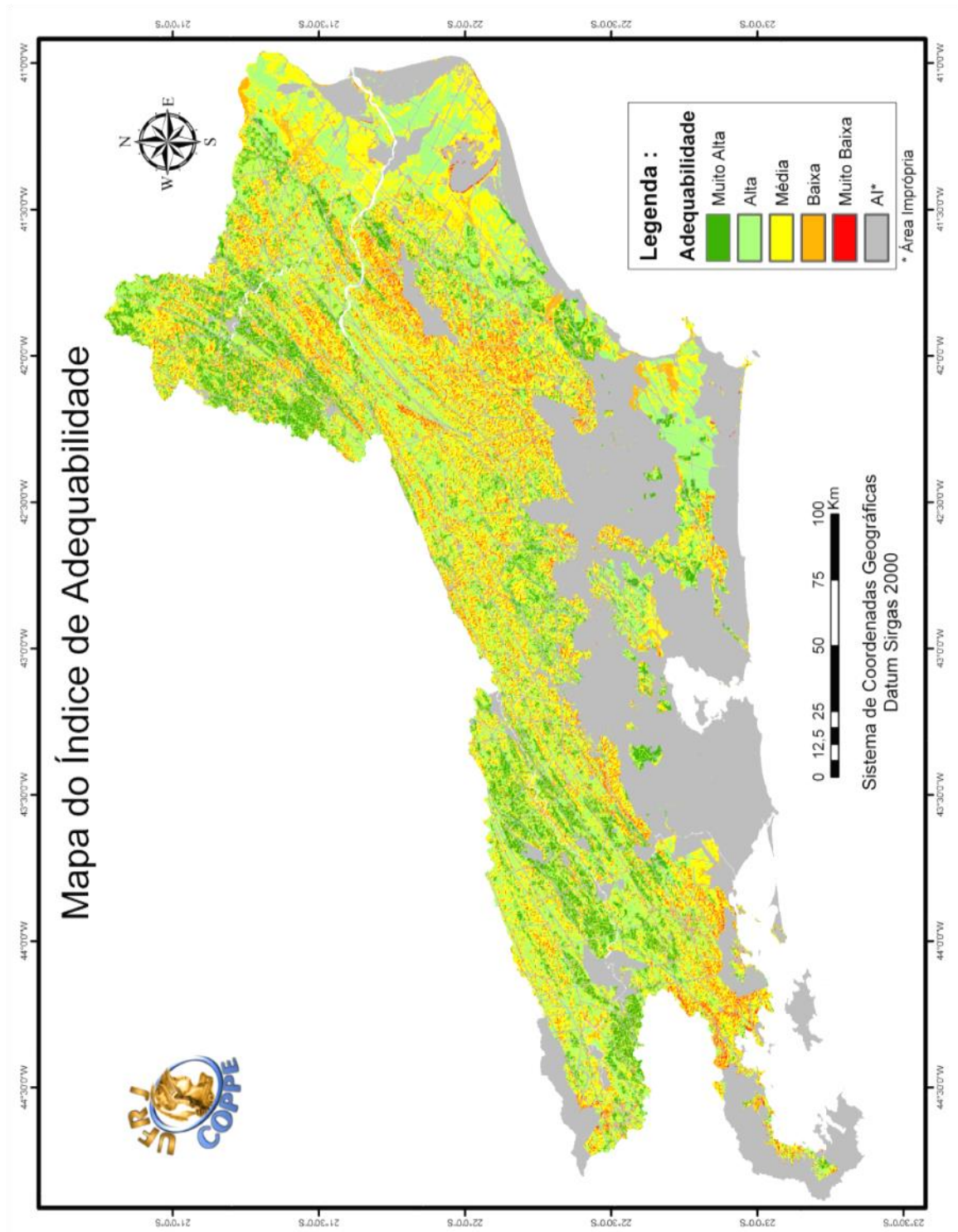


Figura 1: Mapa do Estado do Rio de Janeiro com índices de adequabilidade para instalação de depósitos finais  
Fonte: Martins, 2009



Dentre as cidades com maior viabilidade para implantação de um depósito a densidade demográfica encontrou-se inferior a 500 habitantes/km<sup>2</sup> para todas elas (IBGE, 2011), então o fator assumido foi de 1,0.

A Tabela 3.2 mostra a relação dos fatores com a densidade demográfica:

Tabela 3.2: Índice de densidade demográfica  
Fonte: Resolução Nº 96, de 10 de agosto de 2010

<b>Fdd</b>	<b>Densidade demográfica do município (hab/km<sup>2</sup>)</b>
<b>1,0</b>	<b>&lt;500</b>
<b>1,1</b>	<b>≥500 e &lt;1.000</b>
<b>1,2</b>	<b>≥1.000 e &lt;2.000</b>
<b>1,3</b>	<b>≥2.000 e &lt;3.500</b>
<b>1,4</b>	<b>≥3.500 e &lt;5.500</b>
<b>1,5</b>	<b>≥5.500</b>

As Tabelas 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6 mostram a relação dos fatores com índices:

Tabela 3.3: Tipos de depósito  
Fonte: Resolução Nº 96, de 10 de agosto de 2010

<b>Fd</b>	<b>Tipo de depósito</b>
<b>5%</b>	<b>Inicial</b>
<b>10%</b>	<b>Intermediário</b>
<b>20%</b>	<b>Final</b>

Tabela 3.4: Condições do rejeito para armazenamento  
Fonte: Resolução Nº 96, de 10 de agosto de 2010

<b>Fr</b>	<b>Condição de armazenamento do rejeito</b>
<b>5%</b>	<b>Tratado</b>
<b>10%</b>	<b>Semi-tratado</b>
<b>20%</b>	<b>Não tratado</b>

Tabela 3.5: Meia-vida dos rejeitos  
 Fonte: Resolução N° 96, de 10 de agosto de 2010

<b>Fm</b>	<b>Meia-vida dos rejeitos</b>
<b>40%</b>	<b>&lt;1ano, emissor beta e gama, atividade específica de alfa igual ou inferior a 3.700Bq/g</b>
<b>50%</b>	<b>&gt;1ano e &lt;30 anos, emissor beta e gama e atividade específica de alfa igual ou inferior e 3.700Bq/g</b>
<b>60%</b>	<b>&gt;30 anos e emissor alfa</b>

Tabela 3.6: Índice de atividade dos rejeitos  
 Fonte: Resolução N° 96, de 10 de agosto de 2010

<b>Fc</b>	<b>Atividade dos rejeitos</b>
<b>25%</b>	<b>Baixa concentração; &gt;74Bq/g e &lt;1.000Bq/g</b>
<b>60%</b>	<b>Média concentração; &gt;1.000Bq/g e &lt;10.000Bq/g</b>
<b>100%</b>	<b>Alta concentração; &gt;10.000Bq/g</b>

Alguns fatores já são pré-determinados, como:

Fb: fator de base da Lei 10.308 fixado em 10% para depósitos iniciais e intermediário, e superior a 10% para depósitos finais. Esse fator determina que o montante repassado ao município não seja inferior a 10% do valor arrecadado pela CNEN junto aos geradores de rejeitos.

T: tempo, correspondente ao tempo em que o município receberá a compensação financeira, fixado em 300 anos, ou 3600 meses.

Cr: custo unitário de referência, ou seja, custo por m<sup>3</sup> que a CNEN assumiria para implantar o depósito, com rejeitos não-tratados, de meia-vida longa e com alta concentração, fixado em R\$10.000,00/m<sup>3</sup>. Esse valor pode ser revisto por decisão da CNEN.

k2: fator de correção a ser aplicado sobre o custo unitário de referência, nos casos em que os gastos de deposição final são basicamente do operador. Para depósitos iniciais, intermediários ou finais, diferentes daqueles resultantes da extração de minério, o valor de k2 fixado é unitário (1,00).

### 3.1 Metodologia aplicada para o cálculo da Compensação Financeira para depósitos iniciais ou intermediários

O projeto do RBMN prevê a deposição de rejeitos radioativos visando sua disposição definitiva. No entanto, a nível de estudo de caso, aplicamos a metodologia para os depósitos iniciais e intermediários considerando que no futuro tal metodologia venha a ser empregada para o armazenamento temporário desses rejeitos.

Tanto para depósitos iniciais quanto para depósitos intermediários a metodologia é a mesma. A equação principal do cálculo do repasse para municípios que hospedem depósitos iniciais ou intermediários é:

$$VM = \frac{Fb \times Fdd \times Vr' \times Cr' \times (Fd + Fr + Fm \times Fc)}{T} \quad (\text{Eq. 1})$$

Que na forma simplificada fica:

$$VM = \frac{FM \times Vc'}{T} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

VM: valor a ser pago mensalmente ao município, em reais.

FM: fator que aplicado ao valor arrecadado pela CNEN define o valor a ser repassado ao município.

Vc': fração do valor arrecadado pela CNEN para arcar com os custos da construção e manutenção do depósito.

T: tempo de decaimento a ser considerado para a compensação financeira, 300 anos, ou 3600 meses.

O fator FM é obtido a partir de:

$$FM = Fb \times Fdd \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

Fb: fator de base, fixado em 10% para depósitos iniciais e intermediários.

Fdd: fator densidade demográfica.

O fator  $Vc'$  é calculado pela equação:

$$Vc' = Vr' \times Cr' \times k1' \times k2' \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

$Vr'$ : volume do rejeito, em  $m^3$ .

$Cr'$ : custo unitário de referência, R\$10.000,00/ $m^3$ .

$k1'$ : fator redutor aplicado sobre  $Cr'$  em função do tipo de depósito, concentração, meia vida e tipo de rejeitos.

$k2'$ : fator de correção de custos, fixado em 1,00.

O fator  $k1'$  é obtido pela seguinte equação:

$$k1' = Fd + Fr + Fm \times Fc \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

Fd: tipo de depósito (5% para inicial e 10% para intermediário)

Fr: Condição de armazenamento do rejeito

Fm: Meia-vida

Fc: Concentração

As condições com que o rejeito é recebido no depósito influenciam diretamente no valor da compensação financeira. Quanto menos adequadas forem as condições do rejeito para armazenamento, maiores serão os parâmetros referentes a estas condições e maior será o resultado final.

Criamos dois cenários onde os parâmetros assumem valores máximos e mínimos. Os parâmetros mínimos correspondem à condição mais adequada do rejeito para armazenamento, como baixos níveis de meia-vida e concentração, e os parâmetros máximos correspondem à condição menos adequada. Para todos os municípios candidatos a densidade demográfica foi inferior a 500 habitantes/ $km^2$  e fixada em 1,0. Consideramos essa opção, pois assim

obteríamos os valores mínimos e máximos da compensação financeira. Qualquer outro valor estaria entre os mesmos.

### **3.1.1 Cenário 1 (parâmetros mínimos)**

O primeiro cenário apresenta os menores parâmetros associados às variáveis além dos fatores já fixados presentes na Resolução N°96.

Todas as cidades com viabilidade para implantação do repositório apresentavam demografia inferior a 500 habitantes/km<sup>2</sup>, logo foi aplicado o parâmetro  $F_{dd} = 1,0$ . O tempo de deposição já está fixado em 3600 meses segundo a Resolução N°96, assim como o custo de referência,  $Cr'$ , que determina o valor de R\$10.000,00 para cada metro cúbico de rejeito depositado. O fator  $k_2$  é um fator de correção de custos, já fixado em 1,00. O fator de base,  $F_b$ , que determina o percentual mínimo a ser repassado ao município corresponde a 10% para depósitos iniciais e intermediários. Todos esses valores foram considerados como dados de entrada, pois já são pré-determinados pela Resolução.

Com relação às variáveis referentes às características dos rejeitos e depósitos, temos inicialmente o volume de rejeitos,  $V_r'$ , estimados até 2080 e produzidos pelas instalações radiativas atualmente em operação, que corresponde a 46.940m<sup>3</sup>. O fator de depósito corresponde a 5%, referente ao depósito inicial,  $F_d$ . O nível de tratamento,  $F_r$ , corresponde a 5%, ou seja, para rejeitos tratados. Ao fator meia vida,  $F_m$ , foi associado o parâmetro de 40%, corresponde aos rejeitos emissores de beta e gama, com meia vida inferior a um anos e atividade específica de alfa igual ou inferior a 3.700Bq/g. Quanto à atividade do rejeitos,  $F_c$ , foi atribuído o parâmetro de 25% para baixas concentrações, maiores que 74Bq/g e menores que 1.000Bq/g.

### **3.1.2 Cenário 2 (parâmetros máximos)**

O segundo cenário apresenta os mesmos dados de entrada do Cenário 1. Com relação às variáveis estas agora assumem valores máximos. O volume de rejeitos estimados considera os rejeitos das usinas em projeto e vale 57.000m<sup>3</sup>. O tipo de depósito utilizado é o intermediário, logo a esta variável foi atribuída o parâmetro de 10%. A meia vida é superior a

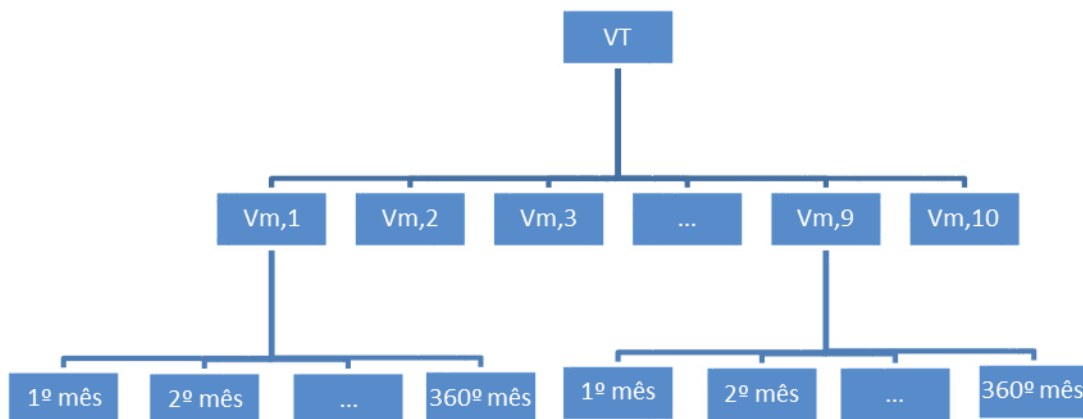
30 anos para emissores alfa e assume parâmetro 60%. O nível de atividade dos rejeitos é alto, acima de 10.000Bq/g, correspondente ao fator de 100%. O nível de tratamento equivale a 20%, ou seja, para rejeitos não tratados.

### 3.2 Metodologia aplicada para o cálculo da compensação financeira para depósitos finais

A metodologia aplicada para calcular o montante que o município receberia mensalmente como medida compensatória pela instalação de um depósito final para rejeitos de baixa e média atividade é semelhante ao cálculo anterior, salvo algumas atribuições.

O período de 3600 meses de compensação foi mantido, porém este foi dividido em 10 períodos iguais de 360 meses, onde o valor do montante de cada período é diretamente proporcional ao decaimento radioativo do material depositado. Ou seja, passados 300 anos o valor da compensação no período atual será menor que o valor do período anterior.

O organograma a seguir mostra como é feita a distribuição da renda:



Organograma 3.1: Distribuição da CF de acordo com os períodos de 360 meses

Temos que  $VT$ , valor total, corresponde ao somatório de todos os 10 períodos divididos em 360 meses,  $V_{m,n}$ , que estão discriminados como  $V_{m,1}$ ,  $V_{m,2}$  até  $V_{m,10}$  e o fator  $n$  corresponde ao período.

$$VT = \sum_{n=1}^{10} Vm, n \quad (\text{Eq. 6})$$

A equação principal do método de cálculo é:

$$Vm, n = \frac{VT \times fd, n}{T} \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde:

$Vm, n$ : valor da compensação mensal durante o período  $n$ .

$VT$ : valor total da compensação a ser paga ao município.

$T$ : tempo fixado em 360 meses, correspondente ao período  $n$ .

$fd, n$ : fator de decaimento radioativo para o período  $n$ .

O fator  $VT$  é obtido a partir da equação abaixo:

$$VT = Fb \times Fdd \times Vr \times Cr \times (Fd + Fr + Fm \times Fc) \times k2 \quad (\text{Eq. 8})$$

Onde os parâmetros presentes na equação são os mesmos utilizados para o cálculo da compensação pelos depósitos iniciais e intermediários.

O fator  $fd, n$  é calculado pela equação:

$$fd, n = 2^{-n} \quad (\text{Eq. 9})$$

Onde  $n$  varia de 1 a 9 e o valor de  $fd, 10$  será igual ao  $fd, 9$ .

De acordo com a publicação no Diário Oficial da União, DOU, a resolução N° 95 apresenta a equação acima se apresenta da seguinte maneira:

$$fd, n = 2 - n \quad (\text{Eq. 10})$$

Ou seja, a operação a priori seria uma subtração, não uma função exponencial de grau  $n$  e base 2.

Resolvendo a equação com  $n$  variando de 1 a 9, para  $n = 1$ , o fator de decaimento  $fd,1$  era positivo e o resultado final da compensação era válido. Para  $n = 2$ ,  $fd,2$  se anulava e como consequência o valor da compensação final também se anulava. Para  $n$  variando de 3 até 9 o resultado encontrado para a compensação era negativo. Esses valores não eram condizentes com o esperado, visto que o resultado final da compensação é um valor financeiro, logo não poderia ser nulo tampouco negativo.

Partindo dessas premissas concluímos que poderia ter ocorrido um erro na digitação da equação, quando o termo  $n$  a princípio subtraído de 2 na verdade seria um expoente  $n$  e negativo, pois representaria um decaimento exponencial de um determinado material. Esta conclusão faz sentido visto que o decaimento radioativo obedece a uma função exponencial que depende do tempo  $t$ , neste caso o tempo foi substituído por  $n$ , que é um parâmetro adimensional, mas representa um período de tempo de 30 anos.

A tabela 3.7 mostra alguns resultados preliminares encontrados considerando a equação tal como publicada no DOU.

Tabela 3.7: Valores para CF considerando a equação publicada no DOU.

<b>n</b>	<b>fd,n</b>	<b>Montante no período n</b>
<b>1</b>	1	<b>R\$16.429.000,00</b>
<b>2</b>	0	<b>R\$0,00</b>
<b>3</b>	-1	<b>-R\$16.429.000,00</b>
<b>4</b>	-2	<b>-R\$32.858.000,00</b>
<b>5</b>	-3	<b>-R\$49.287.000,00</b>
<b>6</b>	-4	<b>-R\$65.716.000,00</b>
<b>7</b>	-5	<b>-R\$82.145.000,00</b>
<b>8</b>	-6	<b>-R\$98.574.000,00</b>
<b>9</b>	-7	<b>-R\$115.003.000,00</b>
<b>10</b>	-7	<b>-R\$115.003.000,00</b>

Claramente percebemos que a equação na forma de subtração não apresenta resultados esperados e o somatório de todos os 10 montantes não condizem com a equação Eq. 6.

Tentamos insistentemente contato com os responsáveis pela elaboração da resolução para averiguar se a suspeita do erro procedia, mas nenhuma delas teve resultado. De acordo



com os resultados encontrados considerando a equação de subtração como publicada no DOU e sabendo que os resultados não poderiam ser negativos ou nulos, visto que são valores financeiros os quais o município deveria receber como pagamento, adotamos a equação exponencial negativa, de base 2 e expoente  $-n$ .

Analisando a Eq. 9, o valor da compensação diminui exponencialmente de um período para outro. Ou seja, quando  $n$  aumenta, o fator  $fd,n$  diminui sempre pela metade, assim como mostra o gráfico a seguir. Então nos primeiros períodos o valor da compensação será maior que nos últimos, visto que a atividade é também maior.

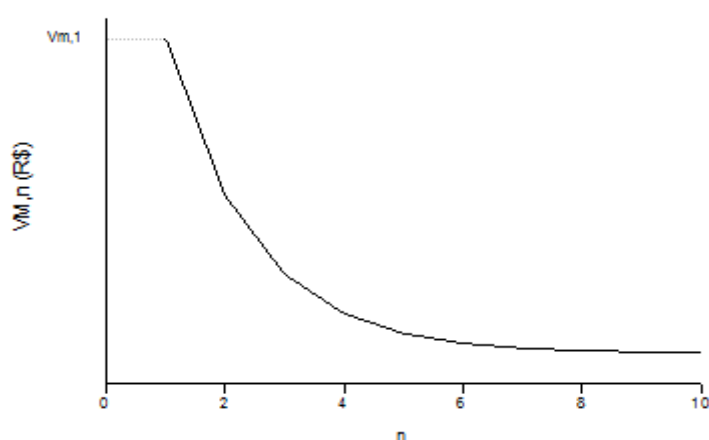


Gráfico 3.1:  $V_{m,n} \times n$

O valor do fator de base ( $F_b$ ) foi estipulado pela Lei 10.308 e fixado em 10% para depósitos iniciais e intermediários, no entanto a CNEN determinará o valor de  $F_b$  para deposição definitiva, que será maior ou igual a 10% e publicará em Portaria. Até a data presente a CNEN não havia divulgado os valores de  $F_b$ , então consideramos 10%.

Seguindo a mesma diretriz do cálculo para depósitos iniciais e intermediários, consideramos mais dois cenários onde os parâmetros assumem valores máximos e valores mínimos.

### 3.2.1 Cenário 3 (parâmetros mínimos)

Seguindo a mesma diretriz do primeiro cenário, o terceiro cenário apresenta os mesmos parâmetros fixos mais o fator de depósito,  $F_d$ , que agora é fixo em 20% correspondente ao depósito final. As cidades com viabilidade para implantação do repositório

apresentavam demografia inferior a 500 habitantes/km<sup>2</sup>, então foi aplicado o parâmetro Fdd = 1,0. O custo de referência, Cr, já está fixado em R\$10.000,00 para cada metro cúbico de rejeito depositado assim como o tempo de deposição, fixado em 3600 meses, segundo a Resolução N°96. No entanto para o cálculo da compensação para depósitos finais fator tempo utilizado nas contas corresponde a 360 meses que equivale ao primeiro período de 30 anos, n=1. Para o próximo período, n=2 o intervalo de tempo também é igual, 30 anos. Assim, para o último período, n=10, o somatório dos intervalos corresponde ao tempo total de 3600 meses. O fator k2 já está fixado em 1,00. O fator de base, Fb, para depósitos finais pode ser maior ou igual a 10% (para valores maiores será necessária a publicação em portaria da CNEN). Utilizamos Fb=10%.

Aplicando os menores parâmetros às variáveis temos que para o cenário 3 o volume de rejeitos corresponde a 46.940m<sup>3</sup>, Vr. Os rejeitos foram considerados como tratados, ou seja, foi associado ao tratamento o parâmetro de 5%. A meia vida assumiu valor de 40% que corresponde a rejeitos emissores de beta e gama com meia vida inferior a 1 ano e atividade específica de alfa igual ou inferior a 3.700Bq/g. O nível de concentração considerado foi de 25%, referente à baixas concentrações, maiores que 74Bq/g e menores que 1.000Bq/g.

### **3.2.2 Cenário 4 (parâmetros máximos)**

O quarto cenário é semelhante ao terceiro, salvo pelos parâmetros que agora assumem valores máximos. Os parâmetros fixos permanecem constantes.

Temos que o volume de rejeitos, agora considerando as novas usinas, corresponde a 57.500m<sup>3</sup>. O rejeito é considerado como não tratado, então para este caso é associado o maior parâmetro, 20%. A meia vida considerada corresponde a 60%, para emissores alfa e meia vida superior a 30 anos. E o nível de atividade é o correspondente para altas concentrações, maiores que 10.000Bq/g, equivalente a 100%.

## Capítulo 4

### Resultados e discussões

#### 4.1 Compensação financeira para depósitos iniciais/intermediários e finais

Esta dissertação não tem como objetivo fazer uma análise de viabilidade em regiões candidatas para uma possível instalação de um depósito de rejeitos radioativos. No entanto se faz necessário aplicar alguns critérios de seleção de escolha de local. Segundo Martins (2009), a metodologia utilizada para a análise multicritério se baseia na Análise Hierárquica de Decisão (Analytic Hierarchy Process – AHP) que compara os critérios de seleção de acordo com a ponderação atribuída por avaliadores específicos.

Durante o processo de seleção três requisitos são muito importantes no processo de escolha do local e construção do repositório: a segurança a longo prazo, a viabilidade sócio-econômica-ambiental e a viabilidade técnica. E ainda com ponderações distintas sobre os requisitos citados estão algumas outras exigências, como hidrogeologia, transporte, relevo, dentre outros.

Foram encontradas algumas regiões no estado do Rio de Janeiro com viabilidade positiva para a instalação de um repositório final para combustível nuclear usado, ou seja, combustível de alta atividade. Consideramos que se o local é adequado para a instalação de combustível usado, então os requisitos mencionados anteriormente, especialmente os de segurança em longo prazo, também seriam atendidos para a instalação de um depósito inicial, intermediário ou final de baixa e média atividade.

Os resultados encontrados para os valores das compensações financeiras são apresentados nas tabelas a seguir. A tabela 4.1 traz os resultados para os depósitos iniciais e intermediários para os cenários 1 e 2.

Tabela 4.1: Valores da CF para depósitos iniciais e intermediários

Cenário	Compensação Financeira Mensal
<b>1</b>	<b>R\$ 2.607,78</b>
<b>2</b>	<b>R\$ 14.375,00</b>

As tabelas 4.2 e 4.3 apresentam os resultados da compensação mensal e pelos depósitos finais para os cenários 3 e 4, respectivamente, aplicados aos valores do período  $n$  e do fator de decaimento  $fd,n$ .

Tabela 4.2: Valores para CF para depósitos finais considerando os menores parâmetros

<b>Cenário 3</b>			
<b>n</b>	<b>fd,n</b>	<b>Montante no período n</b>	<b>Pagamento mensal</b>
<b>1</b>	<b>0,5</b>	<b>R\$ 8.214.500,00</b>	<b>R\$ 22.818,06</b>
<b>2</b>	<b>0,25</b>	<b>R\$ 4.107.250,00</b>	<b>R\$ 11.409,03</b>
<b>3</b>	<b>0,125</b>	<b>R\$ 2.053.625,00</b>	<b>R\$ 5.704,51</b>
<b>4</b>	<b>0,625</b>	<b>R\$ 1.026.812,50</b>	<b>R\$ 2.852,26</b>
<b>5</b>	<b>0,03125</b>	<b>R\$ 513.406,25</b>	<b>R\$ 1.426,13</b>
<b>6</b>	<b>0,015625</b>	<b>R\$ 256.703,13</b>	<b>R\$ 713,06</b>
<b>7</b>	<b>0,0078125</b>	<b>R\$ 128.351,56</b>	<b>R\$ 356,53</b>
<b>8</b>	<b>0,00390625</b>	<b>R\$ 64.175,78</b>	<b>R\$ 178,27</b>
<b>9</b>	<b>0,001953125</b>	<b>R\$ 32.087,89</b>	<b>R\$ 89,13</b>
<b>10</b>	<b>0,001953125</b>	<b>R\$ 32.087,89</b>	<b>R\$ 89,13</b>

Tabela 4.3: Valores da CF para depósitos finais considerando os maiores parâmetros

<b>Cenário 4</b>			
<b>n</b>	<b>fd,n</b>	<b>Montante no período n</b>	<b>Pagamento mensal</b>
<b>1</b>	<b>0,5</b>	<b>R\$ 28.750.000,00</b>	<b>R\$ 79.861,11</b>
<b>2</b>	<b>0,25</b>	<b>R\$ 14.375.000,00</b>	<b>R\$ 39.930,56</b>
<b>3</b>	<b>0,125</b>	<b>R\$ 7.187.500,00</b>	<b>R\$ 19.965,28</b>
<b>4</b>	<b>0,625</b>	<b>R\$ 3.593.750,00</b>	<b>R\$ 9.982,64</b>
<b>5</b>	<b>0,03125</b>	<b>R\$ 1.796.875,00</b>	<b>R\$ 4.991,32</b>
<b>6</b>	<b>0,015625</b>	<b>R\$ 898.437,50</b>	<b>R\$ 2.495,66</b>
<b>7</b>	<b>0,0078125</b>	<b>R\$ 449.218,75</b>	<b>R\$ 1.247,83</b>
<b>8</b>	<b>0,00390625</b>	<b>R\$ 224.609,38</b>	<b>R\$ 623,91</b>
<b>9</b>	<b>0,001953125</b>	<b>R\$ 112.304,69</b>	<b>R\$ 311,96</b>
<b>10</b>	<b>0,001953125</b>	<b>R\$ 112.304,69</b>	<b>R\$ 311,96</b>

Ao fim de 300 anos o município terá recebido o montante total referente aos depósitos iniciais, intermediários ou finais. A tabela 4.4 apresenta o valor desses montantes.

Tabela 4.4: Valor do montante total arrecada em 300 anos para os quatro cenários

<b>Cenário</b>	<b>Montante arrecadado em 300 anos</b>
<b>1</b>	<b>R\$ 9.388.000,00</b>
<b>2</b>	<b>R\$ 51.750.000,00</b>
<b>3</b>	<b>R\$ 16.429.000,00</b>
<b>4</b>	<b>R\$ 57.500.000,00</b>

## 4.2 Análise dos montantes da compensação

De acordo com as regiões de adequabilidade (Martins, 2009), nove municípios abrangem estas regiões e todos eles apresentam demografia inferior a 500 habitantes/km<sup>2</sup> (IBGE, 2011), que corresponde ao fator de densidade demográfica Fdd=1,0.

Segundo alguns dados do IBGE (2011) estes nove municípios apresentaram receitas no ano de 2009 que variam de R\$88,7 milhões (cidade com menor rendimento) até R\$1,5 bilhões (cidade com maior rendimento).

Seja um município que tenha os depósitos iniciais, intermediários e finais instalados em seu território e considerando os quatro cenários listados anteriormente, foram calculados os somatórios dos montantes arrecadados em 01 ano para cada cenário e comparados aos valores da receita orçamentária do município durante 01 ano. A tabela 4.5 traz os resultados para o município com menor receita orçamentária e a tabela 4.6 para o município com maior receita.

Tabela 4.5: Relação entre receita orçamentária e CF

<b>Município 1 (menor receita)</b>		
<b>Receita: R\$88,7 milhões</b>		
	<b>Montante arrecadado em 12 meses</b>	<b>Porcentagem da CF sobre a receita anual (2009)</b>
<b>Cenário 1</b>	<b>R\$31.293,36</b>	<b>0,03%</b>
<b>Cenário 2</b>	<b>R\$ 172.500,00</b>	<b>0,19%</b>
<b>Cenário 3</b>	<b>R\$ 273.816,96</b>	<b>0,31%</b>
<b>Cenário 4</b>	<b>R\$ 958.333,33</b>	<b>1,07%</b>

Tabela 4.6: Relação entre receita orçamentária e CF

<b>Município 2 (maior receita)</b>		
<b>Receita: R\$1,5 bilhões</b>		
	<b>Montante arrecadado em 12 meses</b>	<b>Porcentagem da CF sobre a receita anual (2009)</b>
<b>Cenário 1</b>	<b>R\$31.293,36</b>	<b>0,002%</b>
<b>Cenário 2</b>	<b>R\$ 172.500,00</b>	<b>0,011%</b>
<b>Cenário 3</b>	<b>R\$ 273.816,96</b>	<b>0,018%</b>
<b>Cenário 4</b>	<b>R\$ 958.333,33</b>	<b>0,062%</b>

É digno de nota que a compensação no município de menor receita anual represente um percentual que é uma ordem de grandeza superior ao do município de maior receita, no entanto tal valor pouco ultrapassa 1%.

Vale ressaltar que nas tabelas 4.5 e 4.6, o cálculo da arrecadação anual nos cenários 3 e 4 (depósitos finais) considera exclusivamente o montante referente ao primeiro período de 30 anos ( $n=1$ ). Após o primeiro período de trinta anos, o valor pago de compensação diminui pela metade a cada novo período ( $n+1$ ) e, conseqüentemente, a porcentagem sobre a receita anual também será menor.

Outra observação é que a resolução determina que a compensação seja paga ao município que abrigar depósitos iniciais, intermediários ou finais. Ou seja, a resolução prevê a compensação desses três tipos de depósitos. No entanto a norma de seleção e escolha de locais define que o depósito inicial, ou armazenamento inicial, esteja localizado na própria instalação geradora de rejeitos e que posteriormente os rejeitos possam ser transferidos para os depósitos intermediários ou finais.

Outro ponto que permanece omissos na resolução é sobre como será a forma de pagamento a CNEN pelos produtores de rejeitos. A resolução determina que o pagamento pelos depósitos iniciais seja feito diretamente pela instalação ao município e para os depósitos intermediários e finais o pagamento seja feito a CNEN para que este repasse ao município. No entanto a resolução não especifica se o montante de cada instalação deva ser pago em uma única parcela referente aos 300 anos de indenização ou se esse montante possa ser dividido em algumas parcelas ou se os produtores de rejeitos pagariam mensalmente a CNEN. De fato, até o momento, não foi estabelecido um cronograma financeiro de desembolso do operador

para o financiamento do projeto, construção, operação e descomissionamento do depósito. Tampouco foi definida qualquer forma de cálculo atuarial que permita a correção dos valores pagos ao longo do tempo pelos geradores de rejeitos a CNEN.

A projeção de rejeitos estimados até 2080 já determina o volume esperado, mas será necessário que cada instalação tenha o seu próprio inventário para poder estimar o montante que cada operador irá pagar a CNEN, assim como a forma de pagamento.

A estimativa do volume de rejeitos definitivos garantirá o montante destinado ao município pelo depósito final, ou seja, a compensação pelos próximos 300 anos. No entanto fica em pauta um questionamento: como será possível estimar a compensação para depósitos iniciais e intermediários pelo mesmo período se os rejeitos ficarão armazenados temporariamente? É justificável o inventário para depósitos finais, já que o armazenamento será definitivo, mas para os depósitos iniciais e intermediários essa estimativa não condiz com o prazo de compensação. O tempo estimado para operação do depósito é de 40 a 50 anos (CNEN, 2009b) e os depósitos iniciais e intermediários serão descomissionados antes desse período, enquanto que os depósitos finais estarão na fase pós-operacional, ou seja, etapa de monitoração da área a fim de checar algum vazamento de material radioativo.

Conforme a exigência prevista no artigo 34 da Lei 10.308 que determina que o valor da compensação não deva ser inferior a 10% do montante arrecadado pela CNEN para construção e manutenção do depósito. Se considerarmos o custo total previsto para a implantação do RBMN (CNEN, 2009a), temos que esse valor equivale a R\$23.180.000,00.

Considerando os cenários 1 e 3 (menores parâmetros para depósitos iniciais, intermediários e finais), o valor total do montante para os 300 anos de compensação equivale a R\$25.817.000,00, que equivale a 11,13% do valor total.

Já para os cenários 2 e 4 (maiores parâmetros para depósitos iniciais, intermediários e finais) o montante total arrecadado correspondente aos 300 anos corresponde a R\$109.250.000,00, correspondente a 47,13%

A princípio o valor da indenização considerando o melhor cenário apresenta valor bem próximo do esperado, já para o segundo caso o montante corresponde a quase 50%, valor muito acima do esperado, mesmo a legislação prevendo que para depósitos finais o fator de base possa estar acima dos 10% estabelecidos. Por outro lado, o projeto do RBMN não inclui em seu orçamento que deva ser repassado ao município a quantia de no mínimo 10% correspondente a compensação do município. Tal fato revela que possivelmente os custos de



implantação para depósitos finais ainda não foram adequadamente dimensionados, visto que o RBMN prevê o processo de implementação do depósito (desde a sua concepção até o seu descomissionamento), ou seja, a princípio os valores previstos para compensação não estão inclusos no orçamento do depósito.

Outra questão que emerge dos montantes da compensação (ver tabela 4.4) é que se analisarmos a diferença entre os cenários com as mesmas variáveis (mínimas - 1 e 3 ou máximas - 2 e 4), independentemente do tipo de depósito, a diferença no montante arrecadado em cada grupo é muito pequena (entre 6 e 7 milhões de reais) quando comparada a diferença entre as variáveis mínimas e máximas *per si* entre os cenários 1 e 2 ou 3 e 4. Nesse caso, as diferenças observadas são da ordem de 50 milhões. Tal discrepância é mais bem representada por valores nominais do que em porcentagem, uma vez que a inércia dos valores extremos distorce as variações percentuais. Essa análise revela que os valores das variáveis adotadas para cada depósito têm influência muito superior ao tipo de depósito no valor final da compensação. No caso dos depósitos finais, são apenas quatro variáveis que controlam toda essa diferença: Volume ( $V_r$ ), Condição de Armazenamento ( $F_r$ ), Fator de Meia-Vida ( $F_m$ ) e Fator de Concentração de Atividade ( $F_c$ ). O volume tem variação de apenas cerca de 10 % no projeto do RBMN e a condição de armazenamento varia entre 5 e 20%, enquanto a meia-vida e a concentração representam variações entre 40 e 60 % e 25 e 100%, respectivamente. Além disso,  $F_m$  e  $F_c$  estão multiplicados nas equações 1 e 8, o que confere a tais fatores o caráter predominante no cálculo da compensação, deixando em segundo plano fatores como o tipo de depósito e o tratamento dos rejeitos. Considerando-se que nos casos que envolvem depósitos finais, os rejeitos, apesar de serem geralmente tratados, devem envolver materiais de meia-vida mais longa e com maiores concentrações, de fato o valor da compensação tenderá a ser sempre elevado, mesmo que o gerenciamento nos depósitos iniciais e intermediários seja eficiente. Por outro lado, isso revela que o modelo de cálculo adotado não confere compensações diferenciadas entre depósitos iniciais e finais que resultem em valores mensais relevantes. Tal fato revela uma falha conceitual na resolução, uma vez que não considera que os depósitos finais, onde se dará a deposição definitiva do rejeito, envolvem riscos potenciais mais elevados e dependem de financiamento e controle institucional de longo prazo.

O artigo de Barboza e Vicente (2005) que também trata da compensação financeira paga aos municípios que tenham instalados em seu território depósitos de rejeitos radioativos focou nos rejeitos armazenados no depósito intermediário do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). O cálculo tem como base a resolução publicada em 10 de

Agosto de 2003 que leva em consideração os mesmos parâmetros presentes na metodologia estudada neste trabalho. Foi feita uma análise detalhada do tipo de rejeito armazenado, considerando a atividade do material, o nível de concentração e o tratamento chegando a um resultado monetário equivalente a cada tipo de rejeito. Ao final foi encontrado o valor de R\$2.792,61 de compensação financeira mensal ao município. Além do resultado praticamente irrisório, os autores levantaram questionamentos a cerca das inconsistências presentes na resolução, propondo a revisão dos parâmetros incluindo a adequação para rejeitos líquidos.

### 4.3 Aceitação Pública e Licença Social do RBMN

A aversão ao nuclear, incluindo os rejeitos radioativos, é muitas vezes referida como um estigma e tem uma série de efeitos possíveis: econômico, social, político, cultural e psicológico. Em relação ao último, embora possa haver casos para afirmar que as pessoas de comunidades hospedeiras são ativas na construção de uma identidade nuclear positiva, é evidente que membros do público estão preocupados com o stress mental de viver perto de um sítio nuclear. Kunreuther e Easterling (1996) sugerem que dar aos cidadãos financiamento para educação e saúde pode aliviar este problema, como pode delegar autoridade para monitorar o estresse pela própria comunidade. Isso permitiria que a população local tivesse alguma capacidade para autoajuda sobre seus próprios problemas psicológicos e estresse. Esses estudos indicam que os escrúpulos morais que as pessoas sentem por armas nucleares parecem ter se generalizado para energia nuclear civil. E dali, para qualquer assunto nuclear, tais como os rejeitos radioativos, armas nucleares e produção de energia nuclear. Neste caso, se um depósito de resíduos nucleares vai contra a moral dos indivíduos, não é apenas politicamente problemático, dando origem à resistência, mas eticamente problemático, pois as pessoas passam a conviver com uma instalação que elas pensam ser moralmente censurável. Tais reações negativas públicas aos depósitos de rejeitos radioativos são conhecidas como a síndrome de NNMQ ou NIMBY do inglês (Não-No-Meu-Quintal). NIMBY é o impulso emotivo reacionário dos cidadãos locais contra um projeto que provavelmente concordariam se fosse colocado em outro lugar. Tal conceito é subjetivo, porém pautado na observação da reação das pessoas em situações onde são confrontadas com tais projetos, onde o apelo emocional ataca e supera a razão. Isso mostra como é importante identificar quais os intervenientes que deverão participar na tomada de decisão, pois todo o planejamento da licença social deve se basear nessa definição que ocorre logo na fase inicial do projeto no termo de referência ou abertura do mesmo.

O termo de abertura do projeto do RBMN (Tello, 2008) definiu as partes interessadas na implantação do repositório em diferentes classes de comunidades envolvidas: i) clientes; ii) instituições executoras; iii) patrocinadores e iv) influenciadores. Como clientes, incluem-se as instituições geradoras de rejeitos da indústria (nuclear e convencional), agricultura, institutos de pesquisa e universidades, laboratórios e medicina nuclear. O principal executor é a CNEN, através de sua Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento (DPD), com possível participação de parceiros internacionais. Os patrocinadores são os geradores de rejeitos através do pagamento

de taxas (conceito do poluidor-pagador) e recursos da união provindos de autarquias e empresas de economia mista, e.g. MCTI, CNEN, ETN. Os influenciadores são o Programa Nuclear Brasileiro, órgãos de licenciamento, autoridades locais, ONGs, imprensa e outros. Da mesma forma, são apontados no termo, como pontos fracos do projeto: “A discussão e negociação com o(s) município(s), onde será implantado o repositório, (que) pode demandar negociações políticas e certamente esclarecimento ao público local, o que pode estender o prazo de implantação além do previsto.” e “Os benefícios para o(s) município(s), que abrigarão o repositório, a serem acordados entre as partes, podem onerar o orçamento do projeto acima do previsto”. A previsão de consultas públicas envolvendo os municípios selecionados foi mencionada apenas na fase de definição das áreas preliminares e mesmo assim, sem a definição de um modelo que garanta que a percepção da comunidade seja levada em conta durante todas as etapas do projeto.

Essa visão da natureza da participação popular como parte integrante da obtenção de uma licença social para o projeto está ausente e isso se reflete particularmente quando se pensa nos benefícios para o município através de compensações financeiras ou não. Sem garantir a participação em todas as fases do processo não se cria laços entre as partes interessadas. Sem esses laços não há como confiar nas instituições responsáveis pelo projeto e sem confiança não há aceitação pública.

A confiança pode ser dada, mas não pode ser tomada - deve ser conquistada, normalmente pela verificação por meio de ações e cumprimento de compromissos. A confiança é mais fácil de ganhar se há entendimento mútuo, interesse e responsabilidades divididas entre as partes envolvidas. Existe uma assimetria inerente à confiança: é muito mais fácil perde-la do que ganhá-la. As condições para a confiança no governo incluem cidadãos bem educados, processos transparentes e responsabilização. O governo precisa estabelecer a igualdade de condições para que os cidadãos possam ver que os seus interesses estão sendo tratados de forma justa. Os cidadãos, por sua vez, precisam aprender a valorizar mais a justiça adotada pelo governo do que favores especiais para grupos bem relacionados. Transparência no governo ajuda a assegurar aos cidadãos que eles estão sendo tratados de forma justa. Responsabilização ajuda a garantir que as falhas do governo são corrigidas e que os serviços públicos atendam às expectativas.

O potencial de decepção e frustração por parte de ambos os governos e cidadãos durante a formulação e execução das decisões políticas sensíveis, como a construção e

operação de um depósito de rejeitos radioativos, é alto. Segundo Caddy (2000), tal potencial pode ser reduzido:

- ✓ Definindo claramente as expectativas, "regras do jogo" e limitações de uma dada informação ou exercício de consulta desde o início;
- ✓ Usando um mosaico de diferentes ferramentas e abordagens na oferta de informações e oportunidades para consulta, a fim de chegar a uma gama suficiente de interessados em uma dada formulação de políticas ou processo de tomada de decisão;

Uma discussão sobre as partes interessadas no programa de gestão de rejeitos nucleares deve em primeiro lugar reconhecer que não há uma definição formal da parte interessada e que o conceito é raramente usado. A atitude geral é, sim, que aqueles que têm interesse ou se declaram preocupados devem ser levados a sério e ouvidos. A experiência internacional sobre licenciamento de depósitos de rejeito indica que o operador deve consultar, da forma mais ampla possível, municípios e organizações da sociedade civil em conjunto com o público (Carlsson, 2000; Bataille, 2000; Appel, 2000). A consulta deve se relacionar a localização, extensão e o projeto em conjunto com o conteúdo e elaboração do estudo de impacto ambiental e eventuais compensações, enfatizando a participação do público. As partes interessadas que envolveriam todo o processo de tomada de decisão seriam:

- ✓ Os operadores e geradores de rejeitos;
- ✓ Municípios envolvidos no processo de implantação;
- ✓ As entidades reguladoras.
- ✓ As organizações ambientais em nível nacional.
- ✓ Os grupos locais de interesse.
- ✓ Os indivíduos afetados.

A visão de que os problemas envolvidos na disposição de rejeitos radioativos são de natureza estritamente técnica e que as soluções não precisam contemplar a participação do público pode ser considerada ingênua e certamente não é adequada para os desafios relacionados à implantação do repositório. O projeto do RBMN não considera essa visão abrangente na definição das partes interessadas e admite que negociações políticas, esclarecimento do público e benefícios para os municípios envolvidos são pontos fracos do projeto. Esse é um exemplo claro da ausência de suporte da ciência política na elaboração da política nuclear do país, o que representa uma grave falha na capacidade de planejamento do

setor. Estamos com bastante frequência presos no debate em torno da esmagadora oposição à energia nuclear, cujas implicações são as mais diversas. As negociações sobre os riscos coletivamente aceitáveis não são fáceis, já que o impacto envolvido é pouco claro e se estende ao longo do tempo, com todos os tipos de implicações a nível local, nacional e internacional. O argumento de que a geração de empregos durante a construção e operação do repositório serviria como compensação é controverso. Em geral, os empregos gerados para trabalhadores locais são de baixa qualidade e envolvem serviços sem qualificação se comparados às posições oferecidas para pessoal qualificado de fora da região afetada.

No que diz respeito à compensação financeira, parâmetros importantes estão ausentes no modelo de cálculo da Resolução N° 96. A implantação de uma infraestrutura de disposição terá inevitavelmente consequências econômicas, sociais e ambientais. Por outro lado, tais parâmetros são muito difíceis de introduzir na modelagem, pois a imprecisão quanto a sua quantificação e ponderação em relação às demais variáveis torna tal simulação virtualmente impossível. Nesse cenário, torna-se indispensável estabelecer compromissos de compensação para com a população local que possam ser percebidos como benefícios sustentáveis pela coletividade. O mais importante é perceber que não há “bala de prata”, i.e., as soluções são múltiplas e devem ser construídas caso a caso em conjunto com as partes interessadas. No caso da Finlândia, apresentado anteriormente (ver seção 2.5) a solução de compensação encontrada para o repositório de Eurojoki teve aceitação de 60 % da comunidade, partindo de um índice inicial de 40 %, e custou 6 milhões de euros aos geradores de rejeito. No entanto, segundo Marshall (2005), a compensação financeira é um processo repleto de problemas e no caso finlandês tal aceitação só foi possível porque a cidade já hospedava duas usinas nucleares e por isso os moradores já estavam acostumados ao risco do manuseio de materiais nucleares. O autor ainda afirma que havia críticos do projeto que acusaram a empresa (Posiva) de bombardear a comunidade com propaganda não para informar sobre o projeto, mas sim para dar uma imagem positiva sobre o mesmo. Finalmente, conclui que alguns podem perceber que a compensação financeira tal como a oferecida pela Posiva é um processo moralmente corrupto, contudo não oferece evidências que embasem tais afirmações e por isso não são mais que pontos de vista do autor, que foram apresentados apenas para estimular o contraditório. Por outro lado, existem inegáveis diferenças entre as aspirações de compensação por parte de comunidades de um país desenvolvido como a Finlândia e aquelas de pessoas em países como o Brasil, onde os serviços públicos essenciais não são adequadamente ofertados e as carências da população ainda são muito grandes.

Nesse ponto, o conceito de sustentabilidade do benefício deve ser endereçado e assimilado de maneira uniforme por todas as partes interessadas. O rejeito produzido e depositado no repositório hoje ficará lá de forma definitiva e sua radioatividade, embora diminuída através do decaimento, permanecerá por muitos anos depois que a geração depositária tenha desaparecido. Há uma série de problemas éticos suscitados como resultado disso, que são classificados na literatura sob a rubrica de equidade intergeracional, conceito que significa o fato de que existem obrigações e direitos que a atual geração deve as gerações futuras, pois é impossível obter o consentimento das futuras gerações de pessoas que podem habitar no entorno de tais instalações. Com relação aos rejeitos nucleares isso se torna uma questão intergeracional, pois os rejeitos permanecem perigosos por longo período. Por outro lado, o risco associado ao repositório não permanece o mesmo ao longo de toda a sua vida útil. Durante a fase de construção e operação do depósito, tais riscos são significativamente maiores que aqueles existentes após a fase de encerramento do mesmo, devido à presença de maquinaria pesada, aumento do tráfego rodoviário, manuseio dos materiais radioativos e o crescimento da demanda por infraestrutura, entre outros.

Assim, no que diz respeito à forma e ao prazo de aplicação dos recursos da compensação, o conceito de sustentabilidade pode ser planejado de diferentes formas pela municipalidade. Num amplo espectro de opções poder-se-ia pensar desde a criação de fundos municipais que recolhessem parcial ou integralmente esses recursos que seriam destinados para as futuras gerações até o uso integral dos recursos em um prazo de tempo mais curto que fossem destinados a projetos em áreas como educação, saúde e infraestrutura, com impacto direto no índice de desenvolvimento humano local.

Todos os aspectos discutidos nessa seção apontam no sentido de que o programa nuclear brasileiro deveria possuir um fórum de análise e discussão ética de projetos, em especial aqueles relacionados ao gerenciamento e disposição de rejeitos. Tal fórum deveria ter papel de assessoramento junto ao processo de consulta pública e licença social de empreendimentos, no qual profissionais das mais diversas áreas relacionadas às questões éticas poderiam ser convidados a trazer suas contribuições de diversos campos de conhecimento na análise do problema. Assim, as questões mais polêmicas advindas do processo de participação popular poderiam ter uma análise multidisciplinar e multi-institucional através de pareceres emitidos por esse fórum. Tais pareceres poderiam inclusive, a critério das partes interessadas, definir exigências éticas para o estabelecimento de compensações, sejam elas financeiras ou não. Parece claro que tal instância prévia de análise

ética teria forte impacto positivo na aceitação popular da energia nuclear, em particular na elaboração do projeto do RBMN e, futuramente, geraria importantes subsídios para a definição das melhores formas de compensação aos municípios afetados.



## Capítulo 5

### Conclusões e Recomendações

#### 5.1 Conclusões

Comparando com outras formas de indenizações, como *royalties* e compensações financeiras advindos da exploração de petróleo e gás natural e pela exploração de recursos hídricos, por exemplo, a compensação pela construção de um depósito de rejeitos radioativos sequer se aproxima dos valores dessas indenizações.

As compensações devidas pela exploração de recursos naturais para geração de energia funcionam, além do papel de medida compensatória pelo impacto ambiental, como uma maneira de conquistar a aceitação da população local, visto que o resultado será a produção de energia elétrica ou produção de combustível.

As aplicações e investimentos de compensações financeiras e *royalties* podem de fato ter grande importância em uma comunidade local quando existe um controle na distribuição dessas verbas. Em alguns casos essas indenizações chegam a representar uma porcentagem considerável na receita orçamentária da cidade, o que não ocorre no estudo de caso apresentado neste trabalho onde mal ultrapassa 1% e mesmo assim somente quando se considera o cenário de maior risco.

No caso de depósitos iniciais e intermediários foi visto que apesar de terem uma vida útil coincidente ou pouco superior a da própria instalação, a compensação aos municípios tal como adotada pelo modelo de cálculo da CNEN, prevê um prazo de 300 anos para integralização dos vencimentos. Da mesma forma, o cálculo coloca em primeiro plano a meia-vida e a concentração de atividade dos rejeitos e deixa em segundo plano o tipo de depósito, o que implica que um depósito de rejeitos com atividade e meia-vida maiores geram valores similares de compensação, independente de o mesmo ser inicial ou final. O grau de tratamento dos rejeitos também apresenta efeito marginal nos montantes se comparado aos dois primeiros fatores.

Pode-se argumentar que o risco em potencial gerado por atividades industriais de grande porte em uma região, como extração de petróleo e outros minerais, refinarias e plantas petroquímicas, barragens de usinas hidroelétricas, são geralmente maiores que aqueles relacionados à construção e operação de um depósito de superfície para rejeitos radioativos de baixo e médio nível. Contudo existe uma série de problemas comuns a todos esses empreendimentos, como a desapropriação de terras, aumento no tráfego regional e demanda por infraestrutura, além dos aspectos éticos envolvidos na aceitação pública.

Levando-se em conta as experiências internacionais quanto a compensação pela deposição de rejeitos radioativos, pode-se considerar além da compensação financeira, outras formas de compensação ao município onde o mesmo pode determinar de que modo será utilizada a indenização. A própria operadora pode aplicar os recursos diretamente em prol da comunidade local. O processo de compensação no Município de Eurajoki (Finlândia) evidenciou que, apesar das vozes divergentes, quando existe a participação popular no processo de tomada de decisão, as partes interessadas podem chegar a um acordo visando o melhor para ambos os lados.

Finalmente, concluiu-se que a metodologia proposta pela CNEN para o cálculo da compensação financeira aos municípios não seria suficiente para garantir a aceitação da população local quanto à construção e operação do depósito, visto que os valores mensais estimados são muito pequenos. Se torna necessária, com base nos exemplos internacionais, o estabelecimento de uma efetiva comunicação com o público a fim de esclarecer o processo de implantação do depósito e seus riscos associados, ouvindo os representantes locais quanto as reais necessidades da população na tomada de decisão entre as diferentes opções de compensação.

## **5.2 Recomendações**

Diante de alguns pontos inconsistentes na resolução se faz necessário rever algumas informações presentes na metodologia proposta além de incluir como parte do processo de decisão a participação da comunidade local.

Os valores encontrados para compensação total pelos depósitos iniciais/intermediários e finais quando considerados isoladamente os cenários 1 e 3 (menores parâmetros) e os cenários 2 e 4 (maiores parâmetros) no primeiro caso diferem de quase 43% e no segundo, de

somente 10%. Do ponto de vista do tempo de operação dos depósitos, estes serão desativados em torno de 50 anos, mas os depósitos finais continuarão com rejeitos depositados e serão periodicamente monitorados. Logo é inconsistente o fato dos resultados apresentarem pouca diferença.

Faz-se necessário verificar a Eq. 10 que calcula o fator de decaimento em função do período  $n$ . Da forma que está publicado no Diário Oficial os resultados encontrados são inconsistentes, pois a equação gera resultados negativos para a compensação financeira.

Do ponto de vista da aceitação pública e licença social, é importante e necessária a consulta pública para que o município esteja ciente de todas as etapas pertinentes à instalação do depósito e das possíveis consequências geradas à comunidade local. Negociações entre representantes das empresas produtoras de rejeitos e representantes comunitários e deputados locais podem esclarecer como se dará o processo de compensação financeira, além de garantir o direito de veto da comunidade.

Considerando o modelo de compensação adotado pela CNEN, um modo de facilitar a aceitação quanto à implantação de um depósito seria capitalizar em um prazo menor toda a indenização devida pelos 300 anos de operação do depósito, já que o período de operação é muito inferior ao de compensação. Dificilmente, seria aceito pela população deixar o recurso rendendo em um fundo para as futuras gerações, principalmente devido à falta de confiança em geral nos entes públicos do estado brasileiro. Assim, a sustentabilidade intergeracional no uso desses recursos teria de ser alcançada através do uso dos recursos em projetos prioritários em educação, saúde e infraestrutura do município aprovados pelos parlamentares com a garantia de ampla participação das instâncias populares.

Se analisarmos o pior cenário para depósitos iniciais e intermediários, Cenário 2, o valor do montante está em torno de R\$51,750 milhões que corresponde a pouco mais de R\$14 mil mensais. Esse valor mensal é praticamente irrisório do ponto de vista da receita do município, mas se o montante for pago em um período bem mais curto, como algo em torno de 30 anos, o pagamento mensal passaria de R\$14 mil para mais de R\$140 mil.

Verificando agora o pior cenário para depósitos finais (Cenário 4), no qual o montante é maior, temos que o montante referente aos 300 anos equivale a R\$57,500 milhões. Nos primeiros 30 anos o valor da compensação mensal é de praticamente R\$80 mil. Como este valor diminui sempre pela metade passados períodos de 30 anos, o último período, 270 anos depois, o pagamento mensal corresponde a pouco mais de R\$300. Se também fosse possível

capitalizar esse montante referente aos 300 anos e dividi-lo também em 30 anos, que é o período considerado para que a atividade caia para a metade, o valor do pagamento mensal seria de quase R\$160 mil.

Com base na proposta, podemos criar um quinto cenário, que seria a junção dos cenários 2 e 4, ou seja, um município que hospedaria os três tipos de depósitos previstos na metodologia, com rejeitos de alta atividade, alta concentração e rejeito não tratado. Neste caso o valor total do montante seria de quase R\$110 milhões. Dividindo esse valor em 30 anos teríamos um valor em torno de R\$300 mil mensais. Valor que seria muito melhor aplicado do que se fosse diluído em 300 anos.

Considerando essas alternativas sugeridas, mesmo que a atividade do material ainda esteja relativamente alta, se fosse possível capitalizar o montante e dividi-lo nesse prazo de 30 anos o benefício para a população local seria muito mais evidente do que se recebessem o repasse ao longo dos 300 anos, onde nos últimos 200 anos o valor seria praticamente irrisório. Os investimentos em curto prazo seriam muito mais sensíveis e beneficiariam as gerações atuais e futuras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL, 2011a. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Compensação Financeira**. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br>> Visualizada em 2011.

ANEEL, 2011b. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Compensações financeiras pela utilização de recursos hídricos**. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br>> Visualizada em 2011.

APPEL, D. **Participation of Stakeholders in Waste Management Decisions: The German Experience**. In: First Workshop and Meeting of the NEA Forum on Stakeholder Confidence in the Area of Radioactive Waste Management. Paris, France, 28-31 August 2000. Pp. 105-108.

BARBOSA, Alex; Vicente, Roberto. **Compensação financeira para municípios que abriguem depósitos de rejeitos radioativos**. Associação Brasileira de Energia Nuclear – ABEN. International Nuclear Atlantic Conference – INAC, 2005.

BRASIL, 1988. Constituição Federativa do Brasil. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)> Visualizada em 2012.

BRASIL, 1989. Lei Nº 7.990 de 28 de Dezembro de 1989. Institui para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataformas continentais, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L7990.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7990.htm)> Visualizada em 2011.

BRASIL, 1990. Lei Nº 8.001, de 13 de Março de 1990. Define os percentuais da distribuição da compensação financeira de que trata a Lei Nº 7.990, de 28 de Dezembro de 1989, e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8001.htm#art1](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8001.htm#art1)> Visualizada em 2011.

BRASIL, 1997. Lei Nº 9.478, de 6 de Agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Políticas Energéticas e a Agência Nacional do Petróleo, e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9478.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9478.htm)> Visualizada em 2011.

BRASIL, 2001. Lei Nº 10.308, de 20 de Novembro de 2001. Dispõe sobre a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes aos depósitos de rejeitos radioativos, e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10308.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10308.htm)> Visualizada em 2011.

BRASIL, 2008. Licença Prévia Nº279/2008. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/wp-content/files/LP279-2008-Angra%203.pdf>> Visualizado em 2011.

BRASIL, 2010. Resolução Nº96, de 10 de Agosto de 2010. Aprovar a proposta de resolução que dispõe sobre a metodologia aplicável para o cálculo da compensação financeira mensal devida aos municípios que abriguem depósitos iniciais, intermediários ou finais de rejeitos radioativos. Disponível em <<http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?data=23/09/2010&jornal=1&pagina=26&totalArquivos=100>> Visualizada em 2010.

BRANCO, O. E. A.; Carvalho Filho, C. A.; Cota, S. D. S.; Rodrigues, P. C. H.; Hiromoto, G.; Peres, S. S.; Ferreira, V. V. M. **Technical normative and social aspects os the site selection process for radioactive waste repositories.** In: International Nuclear Atlantic Conference, Rio de Janeiro, 2009a.

BATTAILLE, C. **The Experience and Viewpoint of a Legislator and Policy Maker.** In: **Stakeholder confidence and radioactive waste disposal.** In: First Workshop and Meeting of the NEA Forum on Stakeholder Confidence in the Area of Radioactive Waste Management. Paris, France, 28-31 August 2000. Pp.49-52

BRANCO, O. E. A.; Carvalho Filho, C.A.; Ferreira, V. M.; Alves, P. R. R. **Preliminary estimate of the costs involved in the implantation of a low and medium level radioactive.** In: International Nuclear Atlantic Conference, Rio de Janeiro, 2009b.

CADDY, J. **Legal and Institutional Frameworks for Government Relations with Citizens.** In: Stakeholder confidence and radioactive waste disposal. In: First Workshop and Meeting of the NEA Forum on Stakeholder Confidence in the Area of Radioactive Waste Management. Paris, France, 28-31 August 2000. Pp 85-88.

CARLSSON, T. **The Political and Public Perspective on Radioactive Waste Management in Oskarshamn, Sweden.** In: Stakeholder confidence and radioactive waste disposal. In: First Workshop and Meeting of the NEA Forum on Stakeholder Confidence in the Area of Radioactive Waste Management. Paris, France, 28-31 August 2000. Pp 39-44.

CNEN, 1985. **Gerenciamento de Rejeitos Radioativos.** CNEN-NE-6.05. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Rio de Janeiro, 1985.

CNEN, 1989. **Seleção e escolha de locais para depósitos de rejeitos radioativos.** CNEN-NE-6.06. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Rio de Janeiro, 1989.

CNEN, 2009a. Projeto RBMN – **Repositório para Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação.** Escopo do Projeto – Relatório Técnico. CDTN/CNEN. 2009.

CNEN, 2009b. Projeto RBMN – **Repositório para Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação.** Relatório Técnico – Atividade: Seleção de Local. CDTN/CNEN. 2009.

CNEN, 2009c. Projeto RBMN – **Repositório para Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação**. Relatório Técnico – Grupo Inventário. CDTN/CNEN. 2009.

CNEN, 2009d. Projeto RBMN – **Repositório para Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação**. Resumo Executivo – Grupo: Legislação, Normalização e Licenciamento. CDTN/CNEN. 2009.

CNEN, 2010. **Gerência de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação**. CNEN-NE6.05. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Rio de Janeiro, 2010.

GOBETTI, Sérgio Wulff. **Estatais e ajuste fiscal: análise e estimativa da contribuição efetiva das empresas federais para o equilíbrio macroeconômico**. IPEA. Brasília, DF, 2008.

GROOTHUIS, P. A., van Houtven, G., Whitehead, J. C. **Using contingent valuation to measure the compensation required to gain acceptance of a LULU: The case of a hazardous waste disposal facility**. Public Finance Review, Vol. 26 No. 3, May 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Visualizado em 2011.

IAEA, 2006. Safety Standard – Classification of Radioactive Waste. Draft Safety Guide No. DS 390. International Atomic Energy Agency, Vienna.

KOJO, Matti; Richardson, Phil. **The role of compensation in nuclear waste facility siting: A literature review and real life examples**. ARGONA – Arena for Risk Governance. European Commission, 2009.

KUNREUTHER, Howard; Easterling, Doug. **The role of compensation in siting hazardous facilities**. Journal of Policy Analysis and Management. Vol. 15, Nº4.601-622, 1996.



LIMA, Paulo César Ribeiro. **A compensação financeira pela exploração mineral no Brasil e no mundo**. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. 2007.

MARSHALL, A. **The social and ethical aspects of Nuclear Waste**. Eletronic Green Journal, 1(21). Disponível em <<http://www.escholarship.org/uc/item/2hx8b0fp>>

MARTINS, Vivian Borges. **Metodologia baseada em sistema de informação geográfica e análise multicritério para seleção de áreas para construção de um repositório para o combustível nuclear usado**. COPPE/UFRJ, 2009.

PIRES NETO, Arthur de Freitas; AJARA, César. **Transformações recentes na dinâmica sócio-espacial do Norte Fluminense**. ENCE/IBGE, 2005.

PNE 2030– Plano Nacional de Energia 2030. Geração Termonuclear. Ministério de Minas e Energia. 2006-2007. Disponível em <[http://www.epe.gov.br/PNE/20080512\\_7.pdf](http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_7.pdf)> Visualizada em 2012.

PORTNEY, K. E. **The Potencial of the theoty compensation for mitigating public opposition to hazardous waste treatment facility siting: some evidence from five Massachusetss communities**. Policy Studies Journal, Vol. 14, No. 1, September, 1985.

QUINTELA, Mirelle Cristina de Abreu. **Compensações financeiras e royalties hidrelétricos na determinação do investimento público e das despesas sociais**. Viçosa, MG, 2008.

SOUZA, Carlos Henrique. **A aplicação das participações governamentais como fomento econômico para os municípios fluminenses influenciados pelas atividades petrolíferas**. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, 2006.

TELLO, Clédola Cassia Oliveira. **Projeto RBMN – Repositório para Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Nível de Radiação**. Termo de Abertura do Projeto. CDTN/CNEN. 2008.