

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b>	1
1. O QUE SÃO PASTILHAS DE UO <sub>2</sub> ENRIQUECIDO?	2
2. POR QUE PRODUIR ESSAS PASTILHAS NO BRASIL?	4
3. POR QUE LOCALIZAR A FÁBRICA NO MUNICÍPIO DE RESENDE?	5
4. COMO É A PRODUÇÃO DE PÓ E DE PASTILHAS DE UO <sub>2</sub> ?	10
5. O QUE É NECESSÁRIO PARA IMPLANTAR AS UNIDADES DE PRODUÇÃO EM QUESTÃO?	14
6. O QUE É NECESSÁRIO PARA OPERAR O EMPREENDIMENTO?	16
7. QUAIS SÃO OS REJEITOS PRODUZIDOS E COMO SERÃO TRATADOS?	17
8. HÁ RISCOS NA OPERAÇÃO DA FÁBRICA QUE POSSAM CAUSAR CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS NEGATIVAS?	23
9. AS UNIDADES DE PRODUÇÃO ALGUM DIA PARAM DE FUNCIONAR? O QUE É FEITO QUANDO ISTO ACONTECE?	26
10. HÁ LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA APLICÁVEL À PRODUÇÃO DE PÓ E PASTILHAS DE UO <sub>2</sub> ?	29
11. COMO É A REGIÃO ONDE SERÁ IMPLANTADO O EMPREENDIMENTO?	30
12. COMO VIVE A POPULAÇÃO QUE HABITA AS VIZINHANÇAS DO EMPREENDIMENTO?	45
13. QUAIS SÃO OS IMPACTOS PREVISTOS A PARTIR DA OPERAÇÃO DO EMPREENDIMENTO? EXISTEM IMPACTOS POSITIVOS?	46
14. PROGRAMA DE MONITORAMENTO ATUAL DA FEC-I	61
15. QUE CUIDADOS ESPECIAIS SERÃO ADOTADOS DURANTE A OPERAÇÃO DA FÁBRICA?	65
16. CONCLUSÕES	78
17. GLOSSÁRIO	79
18. EQUIPE TÉCNICA	95
19. LIVROS E DOCUMENTOS CONSULTADOS	96

## APRESENTAÇÃO

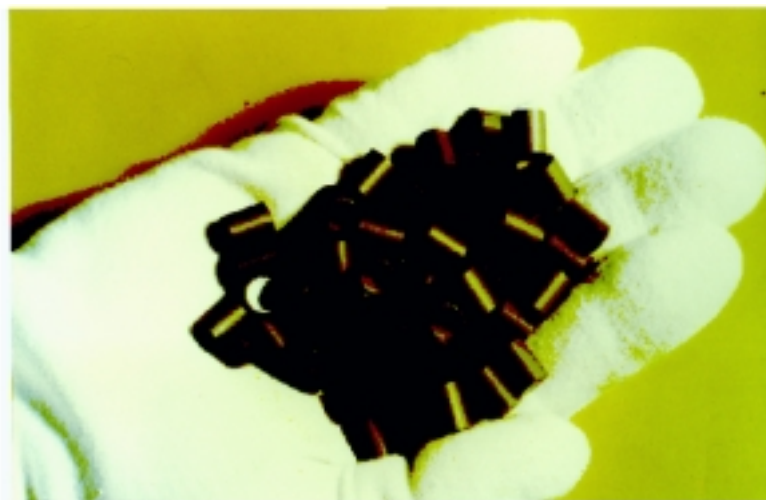
O presente documento tem por objetivo tornar públicas as principais informações geradas durante o processo da avaliação de impactos ambientais, destinado ao licenciamento da operação das Unidades de Produção de Pó e Pastilhas de Dióxido de Urânio Enriquecido, empreendimento que as **Indústrias Nucleares do Brasil S.A. - INB** pretende instalar no município de Resende (RJ). Essa avaliação, em versão completa, encontra-se publicada no Estudo de Impacto Ambiental - EIA.

A apresentação dos temas tratados neste RIMA - Relatório de Impacto Ambiental, é feita de forma simplificada, tornando recomendável a leitura do referido EIA para aqueles que desejem informações detalhadas.

## 1. O QUE SÃO PASTILHAS DE UO<sub>2</sub> ENRIQUECIDO?

As pastilhas de urânio enriquecido são utilizadas como combustível das usinas nucleares. Atualmente essas pastilhas são importadas. A Figura 1.1 ilustra as pastilhas de UO<sub>2</sub> enriquecido.

Figura 1.1 Pastilhas de UO<sub>2</sub> Enriquecido



### Ciclo do Combustível

Serão produzidas em Resende a partir do processamento industrial do hexafluoreto de urânio, um produto intermediário que utiliza o minério de urânio abundante no País, aqui mesmo beneficiado. O ciclo do combustível nuclear é apresentado na Figura 1.2 adiante, que ilustra a sequência de etapas desde a mineração e o beneficiamento inicial do urânio até a produção do combustível propriamente dito, de alto valor agregado, tanto econômica quanto tecnologicamente.

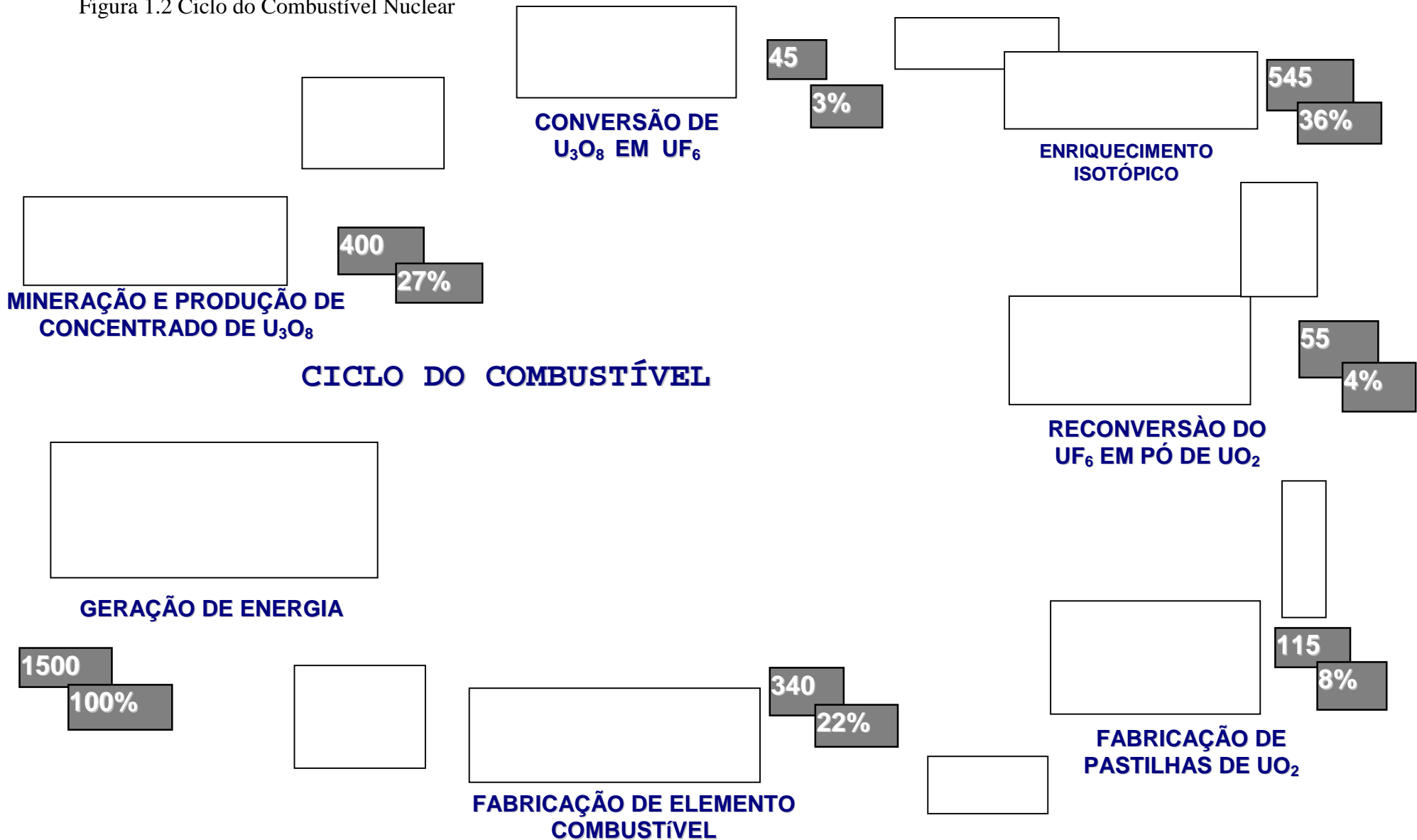
### Importação

Para o funcionamento da CNAAA - Central Nuclear Almirante Alvaro Alberto, considerando-se apenas a Usina Nuclear de Angra 1, o Brasil importa cerca de 18 t de pastilhas de urânio enriquecido por ano, sem considerar a carga inicial do núcleo. A partir da entrada em operação da Usina de Angra 2, prevista para 1999, a necessidade de importação dessas pastilhas será de 50 a 70 t/ano, também sem considerar a carga inicial do núcleo.



Em US\$/Kg

Figura 1.2 Ciclo do Combustível Nuclear



Fonte: INB

## 2. POR QUE PRODUZIR ESSAS PASTILHAS NO BRASIL?

Política Pública  
Nacional

A produção de pó e pastilhas de dióxido de urânio -  $UO_2$  - enriquecido no Brasil faz parte de uma política pública nacional que engloba:

- o pleno aproveitamento das reservas nacionais de minério de urânio;
- a economia de divisas;
- a redução dos custos com combustível nas usinas nucleares brasileiras; e
- a consolidação do domínio tecnológico de todo o ciclo de produção de energia nuclear.

A produção de pó e pastilhas de urânio enriquecido corresponde a 12% (4% e 8% respectivamente) do valor agregado ao minério de urânio no ciclo de fabricação do combustível nuclear, apresentado anteriormente na Figura 1.2, aumentando, portanto, a economia de divisas, uma vez que estas etapas têm um valor agregado de US\$ 170/kg.

Dessa forma, produzir essas pastilhas no Brasil é de interesse estratégico e contribui para a implantação da política do Governo estabelecida para o setor nuclear.

### 3. POR QUE LOCALIZAR A FÁBRICA NO MUNICÍPIO DE RESENDE?

A implantação de unidades para produção de pó e pastilhas de UO<sub>2</sub> em Resende não é um projeto recente.

O Programa Nuclear Brasileiro criou, em 1974, a Empresas Nucleares Brasileiras S.A – NUCLEBRAS, com a responsabilidade de executar suas determinações. A NUCLEBRAS deu início, em 1977, à implantação do Complexo Industrial de Resende – CIR, que reuniria, em um só sítio, todo o processamento do urânio, até que este pudesse ser utilizado como combustível nuclear.

Critérios de  
Implantação

A implantação desse complexo na década de setenta em Resende, RJ, junto à Rodovia Pres. Dutra e à RFFSA - conforme as ilustrações MAP-000-04-001 e AB-000-02-001 a seguir - atendeu a critérios locacionais que correspondiam aos seguintes requisitos:

- proximidade aos centros de interesses – localização entre a então principal região de extração e beneficiamento do minério de urânio, no município de Caldas, MG e o sítio das primeiras usinas nucleares brasileiras, localizado no município de Angra dos Reis, RJ;
- disponibilidade de infra-estrutura local - facilidade de acesso e disponibilidade de transporte rodoviário e ferroviário; localização próxima a fontes de energia elétrica e linhas de transmissão; disponibilidade de recursos hídricos e de serviços municipais e “facilidades”, proximidade a atendimento de serviços à população, tais como saúde, educação e habitação, e proximidade a parques industriais desenvolvidos;

Map-000-04-001

Desenho AB-000-02-001



Critérios de  
Implantação

- facilidade de aquisição de insumos e outros componentes para os processos industriais;
- disponibilidade de terrenos com estabilidade geológica e que já tivessem experimentado ocupação antrópica, no caso o canteiro de obras utilizado na década de sessenta para a construção da represa do Funil;
- redução dos custos de implantação e operação do empreendimento;
- facilidade quanto à obtenção de recursos humanos e apoio de universidades e dos centros de pesquisas nucleares da CNEN, situados nas cidades do Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte; e
- minimização dos principais impactos negativos sobre o meio ambiente em conjunto com o desenvolvimento sócio-econômico da região, outros resultantes de decisões administrativas.

Parte desse complexo foi implantado, tendo sido realizadas quase todas as obras civis para ele previstas.

Vista  
Geral  
do CIR

ENTRA FOTO - VISTA GERAL DO CIR/FEC I

No CIR já funciona uma unidade de montagem de elementos combustíveis - FEC I, com capacidade para fabricar e montar as partes metálicas das estruturas que formam o combustível nuclear, bem como compor seus elementos em sua forma final de utilização.

Em 1988, a NUCLEBRAS foi extinta, tendo sido sucedida pela Indústrias Nucleares do Brasil S.A - INB, para o desenvolvimento das atividades industriais do ciclo do combustível nuclear.

A INB, com a localização proposta para as unidades de produção de pó e pastilhas de  $UO_2$  pretende, dessa forma, corresponder às necessidades técnicas que facilitem sua implantação e operação, aproveitando-se, por outro lado, dos benefícios econômicos associados à utilização dos prédios já construídos, o que representa inegável fator de redução de seus investimentos.

#### 4. COMO É A PRODUÇÃO DE PÓ E DE PASTILHAS DE UO<sub>2</sub>?

Produção

As fábricas aqui estudadas destinam-se, como já comentado, à produção de pó e de pastilhas de dióxido de urânio. Estão projetadas para operar no curto prazo com capacidade variável entre 70 e 120 toneladas anuais de dióxido de urânio, atendendo à demanda de pastilhas de combustível por Angra 1 e Angra 2 com folga, podendo todavia atingir mais de 200 t/ano e permitir tanto a exportação de pó e/ou elementos combustíveis como a ampliação da geração nucleo-elétrica no País. As fábricas funcionarão como unidades de produção em série, sendo a Fábrica de Pastilhas alimentada pela Fábrica de Pó de UO<sub>2</sub>.

Insumos para  
produção de Pó  
de UO<sub>2</sub>

A principal matéria-prima da produção de pó de UO<sub>2</sub> será o hexafluoreto de urânio (UF<sub>6</sub>) já enriquecido, isto é, processado de forma a apresentar enriquecimento em <sup>235</sup>U de até 5% em peso. Os demais insumos auxiliares e de processo serão respectivamente amônia (NH<sub>3</sub>), gás carbônico (CO<sub>2</sub>), hidrogênio (H<sub>2</sub>), GLP, metanol e vapor d'água. Será também utilizado ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), para a recuperação de pó fora de especificação.

Insumos para  
produção de  
Pastilhas de UO<sub>2</sub>

Já o processo de produção de pastilhas de UO<sub>2</sub> terá o pó de UO<sub>2</sub>, obtido na Unidade de Produção de Pó, como principal matéria-prima. Os demais insumos do processo serão respectivamente o hidrogênio (H<sub>2</sub>), o nitrogênio gás (N<sub>2</sub>), água desmineralizada, ar de processo e energia elétrica.

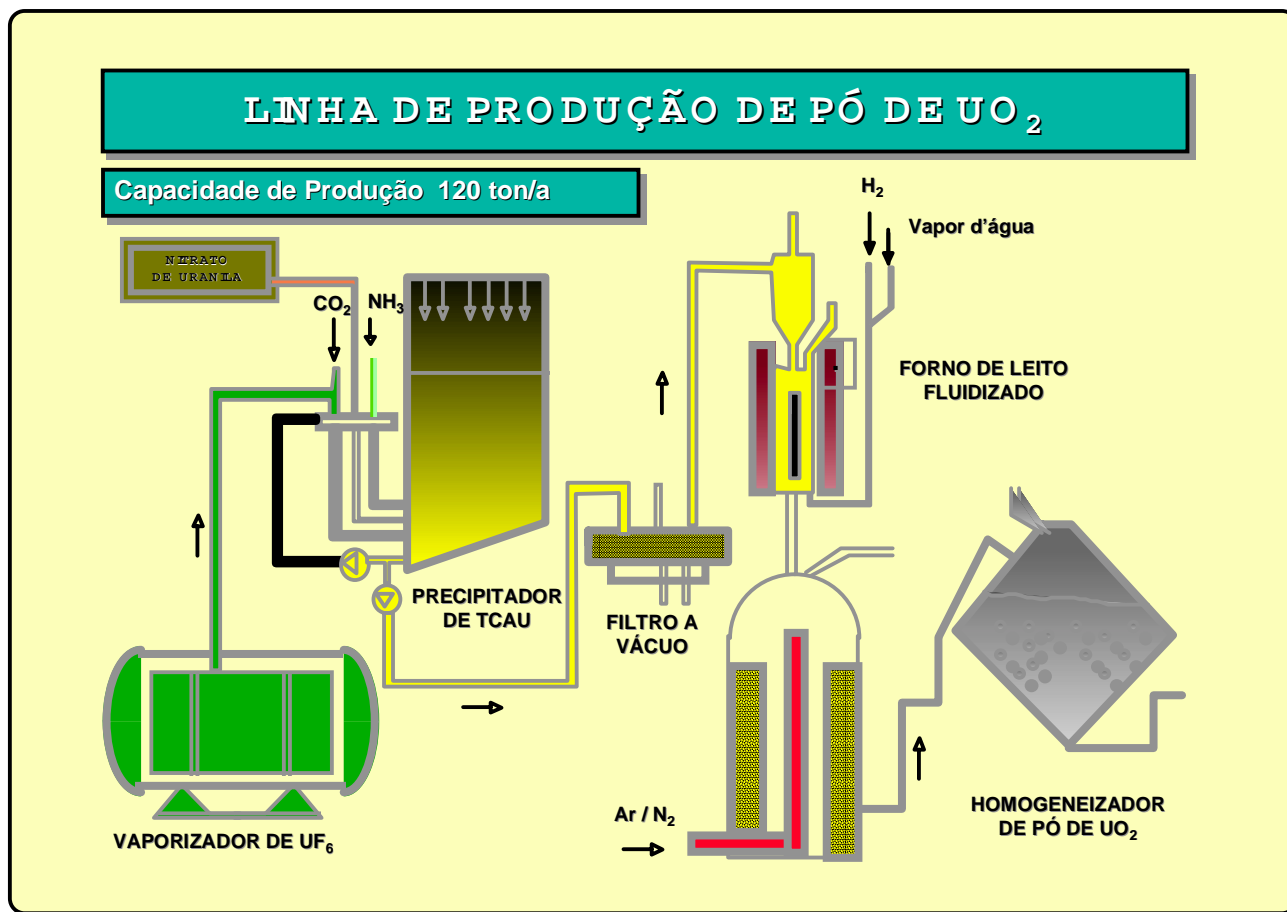
Dessa forma, o processo produtivo a ser adotado abrange duas linhas:

- a de produção de pó de UO<sub>2</sub> e
- a de produção de pastilhas de UO<sub>2</sub>.

A produção de Pó  
de UO<sub>2</sub> está na  
Figura 4.1 adiante

Produzir pó de UO<sub>2</sub> consiste em transformar o composto gasoso chamado hexafluoreto de urânio (UF<sub>6</sub>) em uma substância sólida.

Figura 4.1 Processo de Produção de Pó de  $UO_2$



Fonte: INB

A partir do composto gasoso  $UF_6$ , através de uma reação química com  $CO_2$ ,  $NH_3$  e água, será obtida uma polpa contendo um produto sólido de urânio e amônio. Essa polpa é filtrada, gerando uma torta (TCAU) e um efluente líquido contendo traços de urânio.

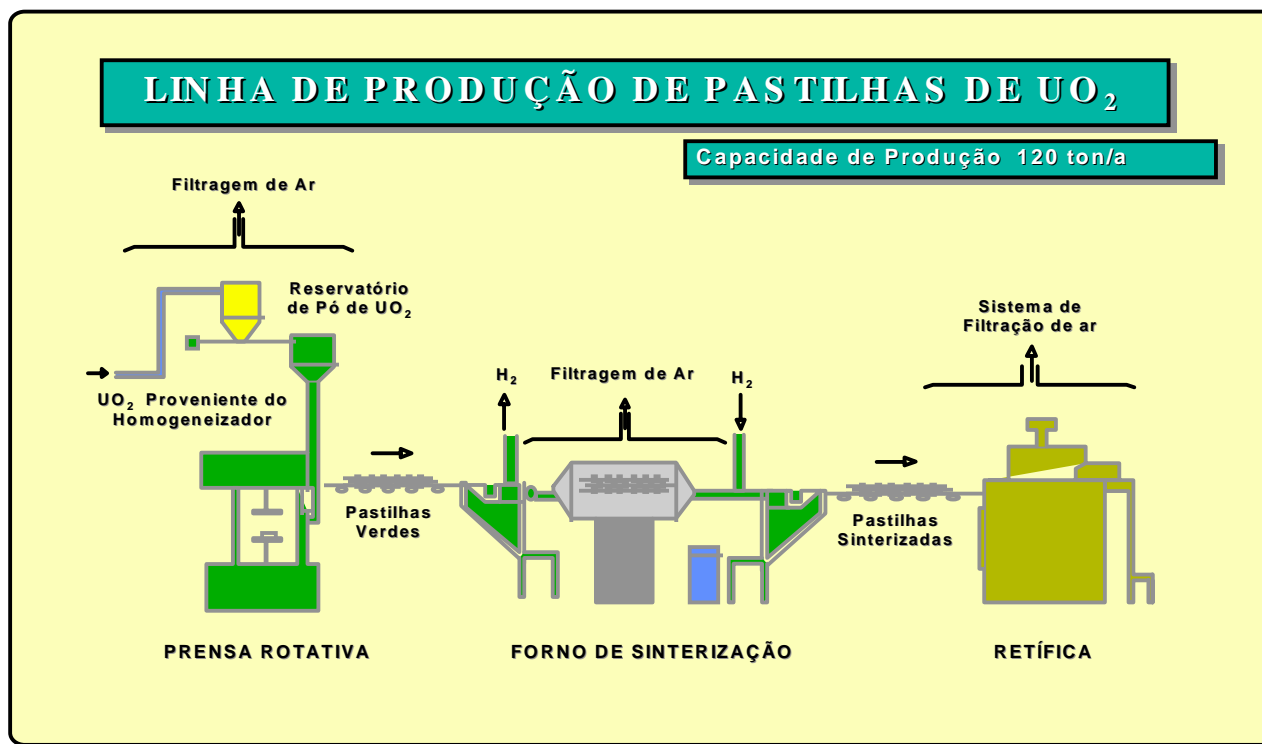
A torta TCAU é então submetida a um processo de redução e secagem, em forno de leito fluidizado, numa temperatura de  $550^\circ C$ . As reações que ocorrem no forno resultam na obtenção do pó de  $UO_2$ .

Produção de  
Pastilhas de  $UO_2$

A Figura 4.2  
adiante ilustra  
este processo

A produção de pastilhas de  $UO_2$  inicia-se pela prensagem do pó de  $UO_2$ , seguida de seu aquecimento à temperatura de  $1750^\circ C$ . Essa prensagem gera produtos em forma de pastilhas que, após resfriamento, são retificadas, atingindo as dimensões exigidas para seu processamento, usualmente 10 mm de diâmetro.

Figura 4.2 Processo de Produção de Pastilhas de  $UO_2$



Fonte: INB

## 5. O QUE É NECESSÁRIO PARA IMPLANTAR AS UNIDADES DE PRODUÇÃO EM QUESTÃO?

Como já comentado, o projeto aqui apresentado pretende utilizar instalações prediais já construídas.

Instalação

Dessa forma, a instalação das unidades de produção restringir-se-á à montagem de equipamentos de produção, auxiliares e de instrumentação e controle, inclusive e particularmente os sistemas de tratamento de emissões efluentes e resíduos. O Desenho AB-000-02-002 adiante apresenta o lay-out das instalações em tela.

Desenho AB-000-02-002 -Lay-out



## 6. O QUE É NECESSÁRIO PARA OPERAR O EMPREENDIMENTO?

Matérias-  
Primas

As unidades de produção aqui discutidas vão utilizar como insumos ao processo produtivo as seguintes matérias-primas:

- . Hexafluoreto de Urânio (UF<sub>6</sub>);
- . Amônia (NH<sub>3</sub>);
- . Gás Carbônico (CO<sub>2</sub>);
- . Hidrogênio (H<sub>2</sub>);
- . Vapor d'água;
- . Ácido Nítrico (HNO<sub>3</sub>);
- . Nitrogênio Gás (N<sub>2</sub>);
- . Água desmineralizada;
- . Ar; e
- . Energia elétrica.

Mão-de-Obra

A operação das unidades de produção de pó e pastilhas de UO<sub>2</sub> vai exigir a participação de 137 pessoas, distribuídas nas áreas de operação, manutenção, controle de qualidade, segurança e administração.

Todos terão passado por treinamento e qualificação técnica antes do início das atividades de produção.

## 7. QUAIS SÃO OS REJEITOS PRODUZIDOS E COMO SERÃO TRATADOS?

O processo produtivo aqui tratado gera rejeitos gasosos, líquidos e sólidos, todos rigorosamente controlados através de processos de tratamento que observam as mais avançadas técnicas e garantem níveis insignificantes de risco ambiental e social. Em função do alto preço do principal produto - dióxido de urânio enriquecido sob a forma de pó e pastilhas - e também do risco potencial ao meio ambiente, as unidades de produção de pó e pastilhas de UO<sub>2</sub> utilizam tecnologias sofisticadas, primeiro para recuperar o máximo possível do produto em qualquer operação que possa gerar rejeitos, e depois para garantir que os descartes inevitáveis estão dentro dos padrões de segurança do setor, extremamente rigorosos como veremos a seguir. Na rota tecnológica adotada pela INB, a da via úmida, única compatível com a pequena escala de produção necessária ao nosso parque gerador de energia elétrica por via nuclear, os resíduos inevitáveis são, em sua maior parte, transformados em sub-produtos inofensivos e de valor comercial potencial, como fluorita (fundente em processos metalúrgicos) e cloreto de amônio (fertilizante).

Os efluentes gasosos em condições normais serão formados pela corrente de ar de exaustão dos prédios, contendo material particulado com traços de urânio e flúor.

A maior parte dos efluentes líquidos - cuja vazão total é medida em metros cúbicos por semana - será constituída por uma solução aquosa contendo pequenas quantidades de amônia e flúor dissolvidos e traços de urânio.

A INB, objetivando o controle de emissões atmosféricas e das liberações de efluentes líquidos e descartes, definiu um sistema de tratamento e destinação final de rejeitos para sua operação.

Esse sistema contribuirá para a recuperação de todo rejeito radioativo vinculado ao processo de produção em questão, de forma que qualquer traço

de urânio existente nos efluentes líquidos ou gasosos das unidades produtivas será retido em filtros e totalmente reaproveitado, permitindo que se evitem perdas de  $UO_2$ , cujo preço de mercado é da ordem de US\$ 160/kg.

Efluentes  
Líquidos

Todo efluente líquido do processo sofrerá tratamento para precipitação dos resíduos de urânio. O material precipitado retornará à produção de pastilhas.

O novo efluente líquido, totalmente isento de urânio, será processado pela adição de cloreto de cálcio, fornecendo os seguintes subprodutos:

- Fluoreto de cálcio, utilizado em siderurgia e indústrias de alumínio e
- Cloreto de amônio, utilizado como adubo.

Projeto dos  
Processos de  
Lavagem

Os processos de lavagem, que usam basicamente o metanol, geram também resíduos que, por suas características, não se mantêm em suspensão, precipitando-se no fundo dos recipientes de lavagem.

Esses resíduos, que contêm fluoreto e urânio, serão tratados com leite de cal, composto que tem a capacidade de remover essas substâncias, permitindo que elas sejam filtradas.

O líquido filtrado, composto de metanol, água e hidrogênio, será destilado.

O material retido no filtro, composto por  $CaF_2$ , urânio e cal não reagida, será condicionado em tambores e armazenado como rejeito radioativo.

Da destilação do líquido filtrado resultará metanol purificado, a ser reutilizado nos processos de lavagem, e gases, que serão encaminhados para o sistema de tratamento de rejeitos gasosos.

O produto depositado no fundo do destilador, composto de água e metanol, será analisado quanto à radioatividade e acidez. Será tratado com leite de cal até que atinja níveis aceitáveis quanto àqueles parâmetros e, depois de ter

passado por um decantador, será lançado em lagoa de polimento.

Óleos  
Lubrificantes  
Usados

Alguns dos equipamentos utilizados no processo produtivo, tais como motores e bombas, utilizam óleos lubrificantes.

Esses óleos, sempre que tiverem contato com material radioativo, depois de utilizados serão condicionados em tambores e armazenados como rejeito líquido radioativo.

Restos de UF<sub>6</sub>  
em Recipientes

O UF<sub>6</sub> será manuseado em recipientes cilíndricos que ora estão em uso no processo produtivo e ora estão estocados.

Os resíduos de UF<sub>6</sub> restantes nesses cilindros após sua utilização serão recuperados e reintroduzidos no processo produtivo.

Rejeitos não  
Aproveitados

Há, no processo de produção, situações de exposição à contaminação de materiais que não permitem a recuperação dos rejeitos sólidos radioativos.

Tais materiais são:

- sucatas de filtros e de material de limpeza;
- peças, ferramentas e equipamentos de proteção industrial, como uniformes, luvas, gorros, óculos, etc.; e
- papéis e plásticos usados.

Todo esse material, não passível de descontaminação, será acondicionado em tambores fechados com tampa e cinta metálica e aparafusados; sendo então encaminhados para armazenamento como rejeito sólido radioativo.

Rejeitos  
Gasosos  
Radioativos

Os gases produzidos pela operação dos fornos carregam sólidos, dentre os quais material particulado de urânio.

Serão utilizados, para o abatimento e recuperação desse material, lavadores

de gases e filtros que, dispostos em série, reduzirão a presença desses particulados na atmosfera a valores desprezíveis.

Rejeitos  
Provenientes de  
Limpeza de  
Equipamentos e  
Pisos

A limpeza de equipamentos e pisos vai gerar efluentes líquidos contaminados.

Toda a água de lavagem será conduzida a um tanque, após o que passará por decantadores.

A lama decantada será acondicionada em tambores lacrados a serem armazenados como rejeito sólido radioativo.

O material flutuante será tratado com leite de cal, produzindo um líquido que será filtrado.

O líquido filtrado será lançado em lagoa de polimento. O material retido no filtro será armazenado em tambores lacrados e armazenados como rejeito sólido radioativo.

Lagoa de  
Polimento

Todos os efluentes líquidos serão encaminhados a uma bacia de acumulação denominada Lagoa de Polimento.

Essa lagoa terá capacidade para armazenar 1.500 m<sup>3</sup>, volume suficiente para conter os referidos efluentes por tempo superior a 40 dias.

A Lagoa de Polimento foi posicionada em cota mais baixa do que o espelho d'água da represa do Funil. Seu canal extravasor será aberto para o Ribeirão Água Branca.

É interessante observar que o ponto de lançamento dos efluentes das fábricas ficará situado a montante de seu ponto de captação, no mesmo Ribeirão Água Branca, fato que reforça a segurança da INB em seus instrumentos de controle.

A Lagoa de Polimento irá permitir maior controle do descarte dos efluentes líquidos, inclusive para situações emergenciais. Em caso de acidentes que requeiram a utilização de quantidades significativas de água, as caixas de passagem e os tanques pulmão podem ser bloqueados e as águas da drenagem das áreas de estocagem serão bombeadas para o sistema de tratamento.

Rejeitos não  
Radioativos

Os rejeitos não radioativos são basicamente os mesmos citados anteriormente para rejeitos radioativos, porém estes não tiveram contato com a área contaminada. Estes rejeitos são considerados lixo normal e destinados ao sistema municipal de coleta.

Gases dos  
ambientes de  
trabalho

Todos os ambientes relacionados ao processo produtivo contarão com equipamentos de exaustão de ar, que terão a finalidade de aspirar vapores e gases diversos desses ambientes.

Os gases aspirados serão tratados antes do lançamento para a atmosfera.

A Figura 7.1 apresenta um diagrama geral dos rejeitos gerados e dos processos de controle utilizados.

Figura 7.1 Diagrama Geral de Rejeitos

## 8. HÁ RISCOS NA OPERAÇÃO DA FÁBRICA QUE POSSAM CAUSAR CONSEQÜÊNCIAS AMBIENTAIS?

SIM. Como em quase todo processo produtivo, podem ocorrer situações indesejáveis durante a operação do empreendimento, com conseqüências ambientais negativas.

Essas situações podem estar associadas a falhas nos equipamentos ou em sua manutenção, quando podem ocorrer vazamentos em válvulas e tubulações ou ventilação insuficiente em recintos fechados. Podem também estar associadas a falhas humanas, com eventuais derramamentos de pó de UO<sub>2</sub>, ou ainda serem decorrentes de acidentes, causando fugas de UF<sub>6</sub> ou mesmo pequenos incêndios.

Todas essas situações, entretanto, são restritas à área de produção, sendo controladas em seu interior.

Somente em caso de acidentes críticos haveria a possibilidade de ocorrer exposição de trabalhadores a doses elevadas, não necessariamente fatais. Os acidentes críticos, porém, apresentam probabilidade raríssima de ocorrência.

Acidentes  
com UF<sub>6</sub>

Os maiores acidentes em termos de vazamento de UF<sub>6</sub> ocorreram em Pierrelate, França (1977), em Oklahoma, EUA (1986) e em Hanau, Alemanha (1987 e 1990), porém somente os eventos da Alemanha ocorreram em plantas de fabricação de elementos combustíveis como a FEC-II. No acidente de 1987 em Hanau não houve vazamento externo nem danos à saúde dos operadores. No acidente de 1990 em Hanau houve a explosão de um lavador de gases do sistema de tratamento de rejeitos líquidos devido a decomposição térmica do nitrato. Neste acidente, dois operadores foram feridos, um deles gravemente.



A observação dos acidentes ocorridos em unidades de produção americanas e inglesas, ocorridas a partir de 1958, não registra acidentes críticos em unidades onde o urânio é processado com baixo teor de enriquecimento, situação das unidades tratadas neste relatório.

Em nenhum caso houve qualquer contaminação de público externo aos empreendimentos observados.

De qualquer forma, unidades industriais de combustíveis nucleares buscam a segurança total, sendo projetadas para que acidentes críticos só possam acontecer se pelo menos dois erros independentes forem cometidos.

A análise de segurança e de riscos realizada para as unidades aqui tratadas estudou a vulnerabilidade do projeto relacionada às seguintes situações:

- exposição a nuvens tóxicas, causando morte por inalação;
- explosão, causando morte por elevação da pressão ou ruptura do tímpano; e
- radiação térmica, causando morte por queimadura.

Essa análise estuda também os efeitos radiológicos vinculados a acidentes, como a eventual ruptura de cilindro de UF<sub>6</sub> ou explosão do forno.

Os resultados da análise de segurança e risco mostram que, em todas as situações avaliadas, as condições mais críticas encontram-se a uma distância de 100 metros da fonte geradora, portanto dentro dos limites da fábrica, não atingindo qualquer área de assentamento humano ou qualquer cultura.

Riscos

Sendo assim, a população que corre risco de vida na ocorrência de acidentes graves é aquela composta por seus trabalhadores. Esse risco, segundo avaliação estatística, será 10 vezes menor do que o de morrer atropelado, 100 vezes menor que o de morrer por acidente de automóveis ou afogamento e semelhante ao risco de ser eletrocutado.

Plano de  
Emergência

A estruturação e o dimensionamento do Plano de Emergência da Unidade II está baseado nas análises de risco do sistema. O plano para as fases de construção e montagem já encontram-se estruturados e operacionais.

As recomendações para a adequação do sistema de respostas da FEC-II tratam do aprimoramento do sistema para controle de vazamentos tóxicos e asfixiantes, particulares da FEC-II. As recomendações apresentadas tratam dos seguintes aspectos:

- adequação dos equipamentos de combate a incêndio para operar neblinamento com água;
- revisão do sistema de preparação para o uso de proteção respiratória durante o controle de emergências;
- reavaliação da reserva e capacidade de reposição dos cilindros dos equipamentos de respiração autônoma, durante o controle de emergências;
- avaliação do sistema de aquisição de dados sobre a direção e velocidade do vento, para um contexto de resposta a uma situação de emergência; e
- revisão do conjunto de rotas de fuga para as áreas, contemplando as características dos acidentes com liberação de gases.

Sendo ajustados estes aspectos, o sistema de resposta a emergências, organizado para FEC - II, estará de acordo com a análise de risco.

## 9. AS UNIDADES DE PRODUÇÃO ALGUM DIA PARAM DE FUNCIONAR? O QUE É FEITO QUANDO ISTO ACONTECE?

Fim da  
Operação

O fim da operação de qualquer instalação nuclear constitui uma das fases mais importantes de seu processo de planejamento e licenciamento. Essa fase chama-se descomissionamento.

Após o término da vida útil da instalação, são realizados procedimentos básicos que visam ao reaproveitamento do terreno e das instalações que lhes deram suporte.

Tais procedimentos são apresentados a seguir:

Remoção  
do Material  
Nuclear

A primeira atividade ao se iniciar o processo de descomissionamento consiste na retirada de todo o material nuclear presente na instalação. Este material deverá ser removido para outra instalação que o estoque ou manuseie em condições de absoluto controle, sendo todas estas operações realizadas com o aval do órgão licenciador.

Realização do  
Inventário  
Radiológico  
Preliminar

Deverá ser realizado um inventário de todas as áreas, para determinar a existência ou não da presença de contaminação, de modo a estabelecer os procedimentos necessários à descontaminação das áreas e de equipamentos.

Liberação  
das Áreas  
Livres

Nas áreas onde não for detectada a presença de contaminação acima dos limites estabelecidos pela legislação, pode ser feita a retirada imediata de todos os móveis e equipamentos presentes, estando os mesmos disponíveis para serem reutilizados.

Descontaminação

Um dos estágios do descomissionamento é a descontaminação de áreas e equipamentos que apresentem valores superiores aos estabelecidos para liberação.

Um grande número de técnicas de descontaminação e uma extensa variedade de misturas químicas têm sido desenvolvidos através dos anos

para auxiliar a remoção da contaminação de superfícies metálicas e concreto. Programas de pesquisa estão em desenvolvimento em muitos países, para melhorar ou desenvolver técnicas especializadas em processos de descontaminação.

Em geral, os processos de descontaminação são classificados como químicos, mecânicos e outros que utilizam ultra-som, freon, fusão, etc. A descontaminação pode ser aplicada a superfícies internas e externas de componentes e sistemas, superfícies de estruturas e ferramentas empregadas no descomissionamento.

Para facilitar as atividades de descontaminação, reduzindo-se os recursos necessários e os problemas radiológicos relacionados, faz-se necessária a implementação de certas medidas, como:

- manutenção de registros de ocorrência de contaminação durante o período de operação;
- descontaminação periódica de sistemas contaminados; e
- contenção dos agentes contaminantes, por ocasião da manutenção.

No caso das Unidades de Produção de Pó e Pastilhas, as áreas com maior probabilidade de contaminação serão aquelas destinadas à preparação de pó e pastilhas, assim como as áreas de compactação e retificação de pastilhas.

#### Desmontagem

A fase de desmontagem é, normalmente, precedida de uma pré-descontaminação, usando-se agente químico adequado em processo de lavagem. Essa lavagem é feita circulando-se continuamente a solução através do sistema a ser descontaminado, até que se obtenham os níveis desejados para liberação.

Dependendo do equipamento, o processo mais adequado deverá ser a imersão dele em “banhos”. No caso de superfícies contaminadas, o uso do esfregaço é geralmente o método empregado.

Após essa fase, os equipamentos serão, então, desmontados e, caso o nível de atividade esteja abaixo do permitido, o mesmo será liberado para outros usos.

No caso de ser impossível ou economicamente inviável uma descontaminação até os limites permitidos para liberação, os materiais e equipamentos serão tratados como rejeitos sólidos e encaminhados para estocagem em local previamente aprovado pelo órgão licenciador.

Avaliação  
Radiológica  
Final

Após o término das atividades de descomissionamento, deve ser realizada uma avaliação radiológica final, a fim de demonstrar que a instalação está apta a ser liberada para uso irrestrito.

Deve-se ressaltar que os Programas de Monitoração Ambiental e de Proteção Radiológica deverão ocorrer paralelamente às atividades de descomissionamento, assegurando-se que não resulte, do mesmo, nenhum dano ao meio ambiente ou aos trabalhadores.

## 10. HÁ LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA APLICÁVEL À PRODUÇÃO DE PÓ E PASTILHAS DE UO<sub>2</sub> ?

A produção e o manuseio de material radioativo é objeto de extensa legislação específica, bem como de rigorosa normatização.

Órgãos de  
Licenciamento e  
Inspeção

Empreendimentos dessa natureza são submetidos a processos de licenciamento e inspeção que envolvem o IBAMA, a CNEN e os órgãos estaduais e municipais pertinentes, no caso, a FEEMA e o Órgão de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Resende.

Tópicos das  
Legislações

Tais instituições verificam a observância de ampla legislação que trata:

- de emissões atmosféricas, da qual são destacáveis as leis federais e estaduais que regulamentam a qualidade do ar e fornecem parâmetros máximos de concentração de poluentes na atmosfera;
- de efluentes líquidos, cujos parâmetros determinam que nenhum efluente industrial pode alterar a qualidade ou a classe de um corpo receptor; e
- de manejo e destino de resíduos, que define o gerador de resíduos como o responsável por seu acondicionamento, transporte e destinação final (Portaria 53/79 do Ministério do Interior), situação detalhadamente regulamentada pela Resolução CONAMA 06/88.

Há ainda amplo quadro normativo produzido pela ABNT e pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, estabelecendo padrões de produção, segurança e monitoramento das fases de produção, estocagem e transporte de materiais radioativos.

## 11. COMO É A REGIÃO ONDE SERÁ IMPLANTADO O EMPREENDIMENTO?

Como já comentado, as unidades de produção serão projetadas para um terreno localizado próximo ao reservatório do Funil, em Resende, município localizado na bacia do Médio rio Paraíba do Sul. No local do empreendimento, o Paraíba do Sul mostra um vale alargado, com vastas várzeas, a uma altitude média de 380 m acima do nível do mar.

Clima

A região tem clima tropical úmido, com estações bastante definidas e está submetida a ventos fracos vindos predominantemente de leste, sendo comuns períodos de calmaria.

Geologia

A área da INB situa-se na extremidade oeste da Bacia Sedimentar de Resende, cujo pacote sedimentar alcança no local 24 metros de espessura.

O terreno em questão mostra feições aplainadas, decorrentes de anterior utilização como área de empréstimo, e que, por suas características geotécnicas, apresentam ótima capacidade de suporte a construções, não dependendo da construção de fundações especiais. O mapa MAP-000-04-002 apresenta o mapa geológico.

Devido à presença de rochas alcalinas que constituem o maciço do Itatiaia, foram encontrados teores de urânio de 0,1 a 13 ppm (partes por milhão) nos sedimentos desde as vertentes do Itatiaia à várzea do rio Paraíba do Sul.

Paisagem

As grandes unidades de paisagem que integram a região do empreendimento são a Serra da Mantiqueira, a Serra do Mar e o Vale do Paraíba do Sul.

O Complexo Industrial de Resende - CIR, área projetada para dar suporte às unidades de produção em questão, na sub-região do médio Paraíba, está inscrito em uma paisagem caracterizada por morros e colinas com altitudes que oscilam do nível do mar até 350 metros.

Mapa Geologia MAP-000-04-002



Resende

## ENTRA FOTO 3

Solos

Os solos ali encontrados apresentam, via de regra, restrições à sua utilização econômica, vinculadas em geral à sua erodibilidade, situação agravada pelo manejo inadequado que vem sofrendo há mais de um século. Os mapas apresentados a seguir (MAP-000-04-003 a MAP-000-04-006) apresentam, respectivamente, o uso e cobertura dos solos, geomorfologia e solos, aptidão agrícola e a síntese do diagnóstico.

Terremotos

Na região do empreendimento, o terremoto de maior intensidade foi de VI na escala Mercalli modificada, que é considerado o evento máximo potencial para esta região. Um terremoto dessa intensidade é sentido por todas as pessoas, objetos caem das prateleiras e reboco e construções de má qualidade podem rachar.

A Ocupação  
Econômica

A região do Médio Paraíba deu suporte à intensa exploração agrícola durante o ciclo do café, no século XIX.

O declínio da cafeicultura regional fez com que ali sucedessem lavouras de milho, feijão, algodão, mandioca e cana-de-açúcar, que passaram a conviver com áreas de pecuária extensiva. Essa utilização econômica resultou na supressão quase absoluta de sua vegetação original, que hoje encontra locais de regeneração em áreas de maior declividade e difícil acesso.

MAP-000-04-003 Uso e Cobertura

## MAP-000-04-004 Geomorfologia

MAP-000-04-005 Aptidão

MAP-000-04-006 Síntese

## FOTO 9

Vista para a  
Serra da  
Bocaina

## A Fauna

Essas condições de cobertura vegetal não fornecem a manutenção de habitats para uma fauna diversificada.

Mamíferos que habitam as poucas manchas de vegetação preservadas ou em regeneração são objeto de caça clandestina.

Todavia, as áreas ainda preservadas da Serra da Mantiqueira permitem a manutenção de uma variedade maior de animais, que muitas vezes freqüentam também as áreas mais degradadas. Incluem-se aí até animais ameaçados de extinção, tais como o gato-maracajá e o gato do mato.

De forma geral, a fauna encontrada na área do projeto é composta de espécies que se adaptam com mais facilidade às áreas abertas e à convivência com a atividade humana.

Mata Secundária  
junto a Represa

#### FOTO 4

A Vida no Rio  
Paraíba do Sul

Como o empreendimento situa-se próximo ao reservatório do Funil, lago de aproximadamente 40 km<sup>2</sup> formado após o represamento do Rio Paraíba do Sul, na década de 60, para a implantação e uma usina hidrelétrica, algumas informações sobre sua situação devem ser prestadas.

O Rio Paraíba do Sul caracteriza-se por apresentar um regime tropical típico, com pouca água no inverno e maiores vazões no verão.

No trecho do Paraíba do Sul barrado pela represa do Funil esta característica é alternada, pois a formação do reservatório permite que o nível d'água do rio seja controlado em função das necessidades de geração de energia. Esse controle acaba por definir freqüentes oscilações, algumas vezes diárias, que não facilita a formação de vegetação litorânea. Isto acontece na represa do Funil, fazendo com que sejam raras as áreas de vegetação densa em suas margens.

Resende

## FOTO 7

Qualidade  
da Água

O Rio Paraíba do Sul recebe enorme carga de esgotos domésticos sem tratamento.

Recebe também efluentes líquidos de significativos parques industriais, muitos das quais não dispõem de eficientes sistemas de controle.

Essa situação resulta em constante violação dos padrões aceitáveis para a qualidade de suas águas, seja relacionada à quantidade de nutrientes nela dissolvida, seja pela contaminação de produtos químicos ou metais pesados.

Na represa do Funil, as águas apresentam qualidade insatisfatória, mostrando elevação contínua de seu grau de degradação, pelo aumento da contribuição de esgotos domésticos ou pela elevação da concentração de metais pesados nos sedimentos depositados no reservatório.



Pedreira na área de  
entrada do rio  
Paraíba do Sul

#### FOTO 4

Plantas  
Aquáticas

Como reflexo da qualidade da água, a represa do Funil apresenta, em suas áreas de menor circulação, a formação extraordinária de comunidades de aguapé, plantas que se desenvolvem flutuando nas águas paradas das margens das cabeceiras do reservatório e que para seu interior são carregadas pela ação dos ventos.

Algas

A grande quantidade de nutrientes que chega ao reservatório, resultado da baixa qualidade das águas da bacia, favorece também o crescimento de algas em seu interior. Essa situação acarreta grande proliferação desses organismos, limitada, entretanto, pela baixa transparência das águas que, inibindo o processo de fotossíntese, diminui a proliferação de algumas de suas espécies.

Como resultado, tem-se no reservatório do Funil a proliferação intensa de algas favorecidas pela poluição das águas e adaptadas a situações onde elas apresentam pouca transparência.

A poluição do Paraíba do Sul deve-se, como comentado, ao fato de ele ser o

destino dos efluentes domésticos e industriais das regiões economicamente mais desenvolvidas do país. Regiões essas que produzem muito, mas não controlam seus descartes industriais, não tratam seus esgotos domésticos e não dispõem adequadamente todo o lixo que geram.

O Rio Paraíba do Sul apresenta níveis críticos de poluição, altos teores de nutrientes e níveis inaceitáveis de poluentes químicos e metais.

Peixes

Tal situação reflete-se nas suas comunidades de peixes que mostram significativa contaminação por metais pesados, alguns com deformações genéticas.

No Paraíba do Sul existem 66 tipos de peixes, dos quais os lambaris são os mais comuns. Seu estoque de peixes vem entretanto sofrendo redução quanto à variedade no trecho próximo ao local de implantação do empreendimento. Essa redução está associada tanto à gestão ambiental inadequada das atividades realizadas em seus tributários, quanto à pesca predatória ali verificada.

Histórico da  
Ocupação  
Econômica

As condições ambientais da região do Médio Paraíba do Sul, sua cobertura vegetal, a qualidade das águas de seus rios, sua fauna e a própria qualidade de vida de seus habitantes são resultados diretos de seu histórico de ocupação econômica.

Essa ocupação teve início no século XVII, com a extração de ouro, consolidou-se com a cultura do café no século XIX e, após breve período de exploração de culturas temporárias, como a do milho, da mandioca e da cana-de-açúcar, estabeleceu-se com a pecuária extensiva, a partir do início do século XX. Essa última atividade define a atual paisagem da região.

O processo histórico de ocupação do Médio Paraíba produziu um conjunto arquitetônico rico, cujos remanescentes representam importante patrimônio histórico, cuja utilização turística já é significativa na região.



Centro Histórico de  
Areias (SP)

ENTRA FOTO

Hotel Fazenda Villa  
Forte (Engenheiro  
Passos, RJ)

ENTRA FOTO

Edifício Ocupado  
pela TELESP -  
Areias (SP)

## ENTRA FOTO

De todo o Médio Paraíba, o município de Resende apresenta características singulares. Sua posição estratégica, entre os principais mercados do país, sua infra-estrutura rodoviária e ferroviária, bem como a oferta de energia elétrica ali verificada, favoreceram-lhe processos de industrialização e urbanização, reforçados por importante aspecto institucional relacionado à localização da Academia Militar da Agulhas Negras em seu território.

A concentração industrial e institucional no município de Resende repercutiu em sua situação demográfica. É em Resende e nos municípios dele emancipados (Itatiaia e Porto Real) que se verificam as maiores densidades demográficas e as maiores taxas de crescimento.

Aspectos  
Econômicos

Como resultante do processo histórico de ocupação, a região do Médio Paraíba apresenta um setor agropecuário mais desenvolvido que os demais.

O município de Resende, também nesta questão, possui um perfil diferenciado, apresentando maior importância no setor industrial, mesmo sendo o segundo maior produtor de leite no Estado do Rio de Janeiro.

Essa liderança na produção de leite acaba por contribuir também para seu

desenvolvimento industrial, em especial aquele voltado à produção de laticínios e mesmo ao beneficiamento de carne.

Outro importante setor de desenvolvimento na área de influência de Resende, em especial no município de Itatiaia, é o turismo relacionado a seu Parque Nacional. A atividade turística ali verificada vem reforçando o desenvolvimento do setor terciário regional, ampliando seu setor de comércio e de prestação de serviços.

#### Infra-estrutura

Está também localizada em Resende a maior parte da infra-estrutura social da região, estando ali concentrada a maior oferta de estabelecimentos educacionais e de atenção à saúde.

O destino dos esgotos domésticos em toda a região é o Rio Paraíba do Sul, ao qual são lançados sem tratamento. O recente esforço governamental voltado a melhorar essa situação em várias áreas do país resultou na execução, em Resende, de duas lagoas de estabilização, que estão em fase final de implantação.

À exceção de Resende, nenhum dos municípios dispõe de instalações adequadas para disposição final de lixo.

Às margens da Rio / São Paulo, os municípios do Médio Paraíba têm nesta via seu principal eixo de estruturação regional. Como parte de sua infra-estrutura de transporte, Resende dispõe de um aeroporto que permite a operação de aviões de até 50 passageiros.

## 12. COMO VIVE A POPULAÇÃO QUE HABITA AS VIZINHANÇAS DO EMPREENDIMENTO?

Estima-se que existam 1.700 famílias residindo em áreas urbanas nas vizinhanças do empreendimento. Essas famílias estão distribuídas entre Engenheiro Passos (900 famílias), Vila da COHAB (400 famílias) e Vila Flórida (400 famílias). Nas áreas rurais vivem cerca de 1000 pessoas.

**Escolaridade** A população composta destas famílias está majoritariamente situada entre 30 e 40 anos de idade. A maior parte dela apresenta baixa escolaridade. Essa população está na região há menos de 10 anos, o que indica que as áreas vizinhas ao empreendimento dispõem de fatores econômicos atrativos, provavelmente vinculados à industrialização de Resende.

**Infra-estrutura** Nas áreas urbanas, as famílias dispõem de abastecimento público de água, de redes de coleta de esgotos e de serviços de coleta de lixo.

Nas áreas rurais, a água vem de nascentes ou poços e os esgotos são encaminhados majoritariamente para fossas rudimentares.

O peixe é importante na dieta desta população e tem como origem principal o reservatório do Funil.

**Conhecimento da INB** Poucos moradores locais têm conhecimento das atividades desenvolvidas no Complexo Industrial de Resende, associando à INB a possibilidade de ampliação do mercado de trabalho local.

**Qualidade de Vida** A população observada mostra-se satisfeita com suas condições de vida, atribuindo à tranquilidade e ao baixo índice de violência local os melhores atributos regionais. Têm entretanto consciência da ausência de tratamento final de seus esgoto e lixo, o que os incomoda.

Os residentes na área observada dispõem de três postos de saúde em suas localidades urbanas, um dos quais com atendimento ambulatorial 24 horas por dia e clínicas geral, ginecológica e pediátrica. Dispõem também de três escolas, públicas, o que contribui para a boa qualidade de vida ali verificada.

### 13. QUAIS SÃO OS IMPACTOS PREVISTOS A PARTIR DA OPERAÇÃO DO EMPREENDIMENTO? EXISTEM IMPACTOS POSITIVOS?

A operação das unidades de produção de pó e pastilhas de UO<sub>2</sub> acarreta alterações ambientais relacionadas principalmente:

- às emissões atmosféricas e lançamentos de efluentes líquidos que realiza;
- aos descartes e rejeitos sólidos que produz;
- a oferta de empregos a ela associada; e
- ao aquecimento econômico que ela promoverá.

Trata-se neste capítulo dessas alterações ambientais, sendo em primeiro lugar comentados os impactos relacionados às emissões e descartes.

Emissões e  
Descartes

A emissão de gases e material particulado, bem como o descarte de efluentes líquidos radioativos, pode provocar danos ambientais, com conseqüências negativas a todos os seres vivos, o que inclui, naturalmente, os seres humanos.

Vias de  
Contaminação

Para estes, bem como para vários outros seres, a contaminação por radioatividade pode ser externa ou interna.

A contaminação externa ocorre nas seguintes situações:

- imersão em nuvem de descarga;
- proximidade a solos contendo elementos radioativos; e
- imersão em corpos aquáticos que contenham elementos radioativos.

A contaminação interna é proveniente da inalação de partículas radioativas presentes em uma nuvem de descarga ou que estejam em suspensão no ar, ou ainda pela ingestão de plantas, verduras, animais e produtos de origem animal contaminados.

Simulações

Para estimar se o impacto a ser causado pelas emissões que as unidades de

produção aqui estudadas irão gerar é assimilável ambientalmente, o presente estudo realizou diferentes simulações.

Essas simulações, de acordo com normas internacionais relacionadas a atividades nucleares, consideraram a mesma situação:

- a existência de uma fonte de radiação localizada numa chaminé industrial com 35 metros de altura;
- essa fonte está situada numa fábrica instalada em um prédio totalmente fechado e em cujos ambientes internos verificam-se pressões inferiores a atmosférica; e
- um sistema exaustor força todo o ar que circula nos ambientes internos da fábrica a passar por filtros e lavadores de gases de alta eficiência.

Dessa forma, todo o ar que circula no interior da fábrica passa por um sistema de filtragem antes de ser emitido para a atmosfera em um ponto situado a 35 m de altura.

Cenários  
Considerados

Para a operação da fábrica, produziram-se simulações relacionadas a três cenários.

No primeiro cenário considerou-se a operação do empreendimento em situação normal. No segundo, considerou-se sua operação em situação de alerta e no terceiro, um cenário bastante negativo.

A unidade que mede a atividade é o becquerel (Bq). A medida de atividade presente em um ambiente é apresentada em becquerel por unidade de volume, por exemplo Bq/m<sup>3</sup> (becquerel por metro cúbico).

Para cada cenário, então, foi estabelecida uma quantidade de radioatividade, de acordo com os seguintes valores medidos em becquerels:

- Cenário Normal: 0,05 Bq/m<sup>3</sup>
- Cenário de Alerta: 0,14 Bq/m<sup>3</sup>
- Pior cenário: 1,0 Bq/m<sup>3</sup>



Considerou-se que o material particulado que efetivamente atingirá os sistemas de exaustão corresponderá a 0,8% de todo o urânio processado.

Previsão de Emissões

Assim sendo, a chaminé no cenário operacional provável emitirá elementos radioativos equivalentes a 385,5 gramas de urânio em um ano. Esse valor amplia-se para 1.077 gramas por ano no cenário de alerta e para 7.698 gramas por ano gramas no pior cenário.

Uma vez quantificados os valores anuais de material radioativo a ser expelido pela chaminé da fábrica, foram estudados a dispersão, o transporte e a deposição desse material no solo.

Para tanto, foram consideradas condições meteorológicas dentre as quais o regime de chuvas foi o mais importante, já que estas são as principais responsáveis pela deposição do material radioativo no solo.

Considerou-se então a média de 150 dias chuvosos ao ano em Resende. Considerou-se também que a maior frequência de chuvas ocorre nos meses do verão.

Resultados

A partir dos cenários estabelecidos para a operação das unidades de produção e observadas as condições meteorológicas locais, utilizou-se um modelo matemático para calcular a dispersão do material radioativo, estimando-se, dessa forma, as concentrações desse material no solo.

Ou seja, a partir dos resultados da modelagem matemática, obteve-se, para cada cenário considerado, qual a concentração (medida em Bq por m<sup>3</sup>) anual média de urânio no ar no local da fábrica e em áreas afastadas dela em até 5 km.

Os mapas MAP-000-04-007 a MAP-000-04-012, a seguir apresentados, ilustram os resultados obtidos para o pior cenário e para o cenário normal (Modelo DISPERSE).

## MAPA 00-04-007

## MAPA 00-04-008

## MAPA 00-04-009

## MAPA 00-04-010

## MAPA 00-04-011

MAPA 00-04-012

Cálculo  
de Dose

Quando a radiação libera sua energia ao ser humano, pode provocar danos biológicos. A quantidade de energia liberada pela radiação por unidade de volume do meio no qual interage chama-se dose. Chama-se dose equivalente a quantidade de energia cedida ao ser humano. A unidade de dose é denominada Sievert (Sv).

O cálculo de dose equivalente para as radiações estimadas para o presente empreendimento é de extrema importância, pois define os níveis máximos de contaminação possíveis previstas para os seres humanos que habitam sua área de influência.

Para tanto, simulou-se a existência de um indivíduo residente a 500 m da fábrica, em local que o modelo de dispersão estabeleceu como de maior concentração de radioatividade.

Atribuiu-se a esse homem hábitos alimentares que incluíam a ingestão de verduras, leite e carne produzidos localmente e, portanto, submetidos às condições de contaminação mais negativas.

No pior cenário operativo da fábrica (1,0 Bq/m<sup>3</sup>), o indivíduo obteria uma dose efetiva (0,0231 mSv) 13 vezes inferior ao limite imposto pelas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN (0,3 mSv).

Nos demais cenários, os níveis de contaminação projetados são dispensáveis, pois as doses efetivas, para os cenários normal (0,00115 mSv) e intermediário (0,00322 mSv), respectivamente, são da ordem de 90 a 260 vezes inferior ao limite estabelecido pela CNEN.

Dessa forma, os estudos mostram ser aceitáveis os níveis de radiação associáveis às emissões atmosféricas.

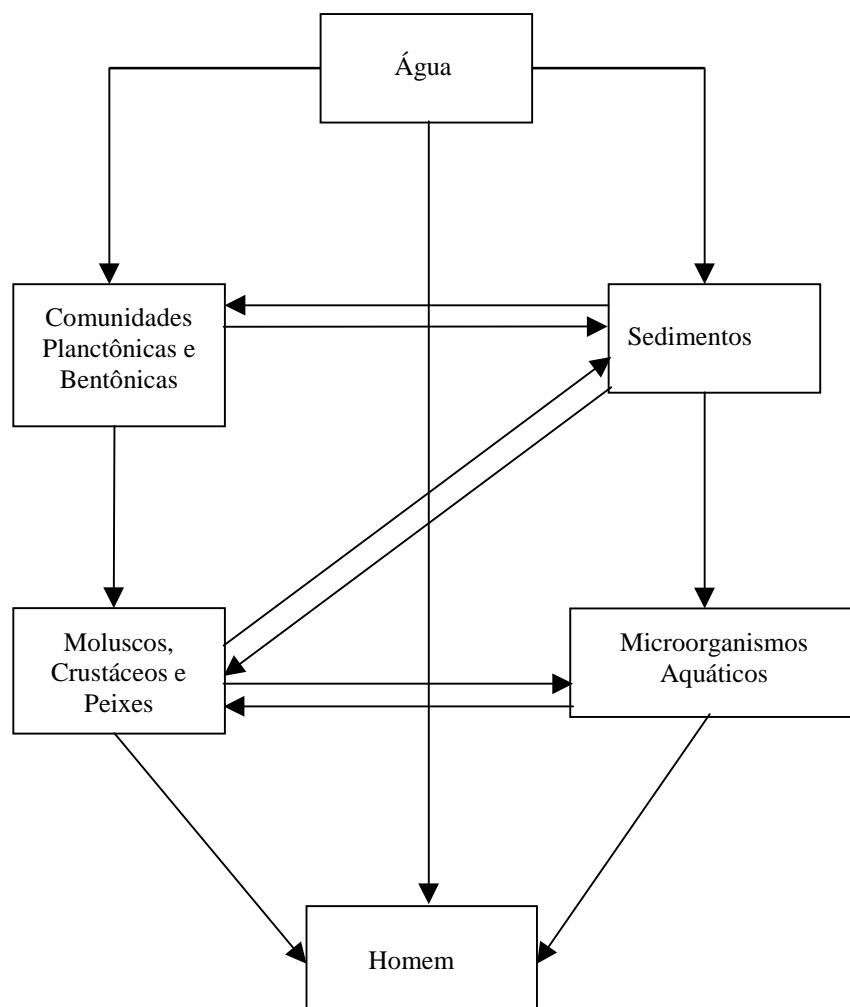


Efluentes  
Líquidos

Estudaram-se então os eventuais danos causados aos seres vivos, relacionados aos efluentes líquidos produzidos nas fábricas em questão.

A partir do lançamento de material radioativo em um corpo d'água, esse material passa a percorrer diversas vias, chegando a animais de maior porte e ao homem. A Figura 13.1 apresenta os aspectos principais da via de exposição aquática, terminando com a ingestão de água e organismos aquáticos pelo homem.

Figura 13.1 Vias de Exposição Peixes-Homem



A observação dos elementos radioativos presentes na água é realizada em primeiro lugar pelas plantas aquáticas e por seus microorganismos. Ambos alimentam peixes que, por sua vez, são ingeridos por seres humanos.

Dessa forma, torna-se imprescindível avaliar se os efluentes a serem efetivamente lançados no Rio Paraíba do Sul, através do Ribeirão da Água Branca, podem trazer algum dano ambiental.

Tais efluentes podem ser separados em:

- águas normais de drenagem: 140 m<sup>3</sup>/semana;
- águas de processo: 40 m<sup>3</sup>/semana.

As águas normais de drenagem deverão conter valores de urânio inferiores a 0,02 ppm. As águas utilizadas no processo produtivo, após tratamento, deverão conter urânio em valores inferiores a 0,5 ppm.

Impactos devido  
ao lançamento no  
Ribeirão da Água  
Branca

Dessa forma, o efluente líquido final a ser lançado no Ribeirão da Água Branca terá um teor de urânio inferior a 0,13 ppm.

Se considerada a vazão semanal de 180 m<sup>3</sup> desses efluentes, contaminados com urânio a uma concentração de 0,13 ppm, estes carreariam 1.185,6g do material por ano para o Ribeirão da Água Branca.

Esta pequena quantidade de urânio estabelece valores desprezíveis de concentração (2,11 E-05 ppm) desse material no sistema do Médio Paraíba do Sul, garantindo um grau máximo de contaminação destes corpos aquáticos cerca de 1.000 vezes inferior aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86 para águas de Classe 1 e 2 (0,02 mg/l para urânio total).

Dessa forma, a atividade das unidades de produção aqui observadas não acarretará alterações significativas ao ar e à água dos sistemas de sua área de influência e, sendo assim, não representará impacto a seus rios.

Aumento da  
Oferta de  
Emprego

As unidades produtivas em questão irão gerar 137 novos empregos diretos, além de efeitos multiplicadores e fiscais notáveis, diretos e indiretos, para a economia local.

Estima-se, ainda, que o Pólo Industrial de Resende e Porto Real venha a receber, nos próximos anos, cerca de 110 novas indústrias, o que representará a geração de novos postos de trabalho.

A atividade das fábricas vai também ampliar a arrecadação tributária regional, a partir da realização de novos contratos de prestação de serviços, gerando ISS, e da aquisição de materiais e circulação das mercadorias produzidas (ICMS).

Sua receita anual, que deverá ser de US\$ 360 milhões, vai gerar importante aumento na arrecadação de Imposto de Renda (IR) e de imposto sobre produtos industrializados (IPI).

Substituição de  
Importações

A operação da fábrica permitirá a substituição gradativa da importação de pastilhas de urânio enriquecido, hoje provenientes da Europa.

Indução ao  
Desenvolvimento

Toda essa atividade produzirá efeitos em outros setores da economia, que deverão corresponder às ampliações de demanda vinculadas aos investimentos da INB.

Isso provocará a abertura de novos postos de trabalho nos setores comerciais e de prestação de serviços, além de novas oportunidades de negócios.

Tráfego e  
Transporte

O transporte de material radioativo é feito de acordo com rigorosas normas de segurança, segundo critérios internacionais, e obedecendo legislação específica nacional, no caso da CNEN. Dentro dessas condições este transporte é seguro, pois envolve amplo e detalhado planejamento e execução.

O transporte dos materiais radioativos vinculado à produção em questão envolverá vários órgãos governamentais, incumbidos da administração do transporte por vias públicas no país, além das agências com interesse ambiental e em assuntos relacionados à normatização do manejo desses produtos.

UF<sub>6</sub> - Estocagem  
e Transporte

Para estocagem e transporte, o hexafluoreto de urânio é acondicionado em cilindros fabricados de acordo com normas internacionais.

Esses cilindros são transportados a partir de autorizações prévias a serem dadas pela CNEN.

O transporte dos cilindros é feito de forma a que seja garantida sua integridade, mesmo em situações excepcionais como em acidentes .

Pastilhas -  
Transporte e  
Estocagem

As pastilhas de UO<sub>2</sub> serão acondicionadas em recipientes com capacidade de 60 kg deste produto, perfeitamente isolados.

Os equipamentos de transporte desses recipientes deverão atender a condições rigorosas de segurança, dando resposta adequada às situações de avaria, acidentes e emergência.

Outras Normas  
de Segurança no  
Transporte

Além da segurança física no transporte de material radioativo, serão detalhadamente considerados os itinerários, o número de viagens, a duração do armazenamento temporário e a necessidade de comboios de proteção.



Estima-se a necessidade de 36 caminhões por ano para o transporte de cilindros de  $UF_6$  no primeiro estágio de funcionamento do projeto. Em segundo estágio, esse valor deverá ser de 72 caminhões por ano.

#### 14. PROGRAMA DE MONITORAMENTO ATUAL DA FEC-I

Atualmente na Unidade I da Fábrica de Elementos Combustíveis, que tem como objetivo encapsular as pastilhas de UO<sub>2</sub> nos tubos das varetas de combustível compondo assim os elementos combustíveis do reator nuclear, é realizado um programa de monitoramento. A Figura 14.1 mostra os pontos de amostragem deste programa, que mede os seguintes parâmetros:

- Água de Chuva
- Água Subterrânea
- Sedimentos e Lamas
- Gases
- Ração
- Solos
- Água de Superfície
- Água Potável
- Aerossol
- Leite
- Vegetação
- Exposição Integrada (TLD)

Antes da Unidade I entrar em operação, foi realizado um programa de monitoramento pré-operacional.

TLD e  
Aerossol

Em relação a medidas de TLD, a INB tem atualmente 10 pontos de amostragem. As análises de aerossol são realizadas semanalmente, sendo feita uma amostragem de 24 horas. São utilizados amostradores de alto fluxo (75 m<sup>3</sup>/h), modelo GMWL-2000 H da General Metal Works Inc. e os filtros são de fibra de vidro sem aglutinante de 8x10” tipo AP-40, da Milipore.

Campanha de  
Monitoramento

A INB realizou ampla campanha de monitoramento da qualidade ambiental em sua área de influência. O monitoramento da qualidade ambiental nas circunvizinhanças do CIR foi efetuado em duas etapas: pré-operacional e operacional.

Figura 14.1 Programa de Monitoramento (ex 4.54)

Monitoramento  
Pré-Operacional

O monitoramento pré-operacional consistiu em um levantamento da qualidade das águas de superfície, subterrânea e potável, além do monitoramento da qualidade do ar e de amostras de solo, leite, sedimentos e lamas, vegetação e ração. Este monitoramento foi realizado pelo Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), pelo Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), e pelo INB.

O monitoramento pré-operacional para qualidade de água foi realizado com periodicidade mensal, sendo levantadas variáveis como oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, sólidos dissolvidos, sólidos totais, cor, alcalinidade, dureza, sulfato, bicarbonato, fosfato, urânio, emissão alfa total, emissão beta total, e pH. Estas análises objetivaram atender os requisitos previstos na legislação para classificação de águas, bem como subsidiar o monitoramento operacional, no tocante a localização dos pontos de amostragem e análise de parâmetros abióticos da água.

O monitoramento pré-operacional para qualidade do ambiente contemplou medidas de alfa e beta total além de análise de TLD. As amostras de solo, leite, sedimentos e lamas, vegetação e ração foram analisadas quanto a atividade alfa e beta total e concentração de urânio 234, 235 e 238.

Monitoramento  
Operacional

O monitoramento operacional consistiu em um levantamento da qualidade das águas de superfície, subterrânea e potável, levantamento da qualidade do ar, e monitoramento de amostras de solo, leite, sedimentos e lamas, vegetação e ração, todos realizados pela INB no período de 1982 a 1997.

O monitoramento de qualidade de água foi realizado com periodicidade mensal, sendo levantadas variáveis como: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos dissolvidos, sólidos totais, cor, alcalinidade, dureza, sulfato, bicarbonato, fosfato, emissão alfa e beta total, urânio, pH, acidez, condutividade, fluoreto, demanda química de oxigênio, arsênio, magnésio, níquel, ferro, cromo, amoníaco, nitrato, carbonato, cloreto,



potássio, boro, cálcio e óleos e graxas. Este monitoramento se apresentou satisfatório no tocante as análises previstas pela Resolução CONAMA 20, para águas de Classe 2. Apesar deste fato, algumas recomendações de aperfeiçoamento metodológico são pertinentes, conforme apresentado no capítulo 15 adiante.

O monitoramento da qualidade do ambiente consiste de medidas de alfa e beta total. Foi realizado também um monitoramento ambiental com TLD. No caso das amostras de solo, leite, sedimentos e lamas, vegetação e ração, foram analisados valores de alfa e beta total.

Os resultados do programa de monitoramento operacional mostram que não ocorreram variações de radioatividade no meio ambiente devido a operação da FEC I.

## 15. QUE CUIDADOS ESPECIAIS SERÃO ADOTADOS DURANTE A OPERAÇÃO DA FÁBRICA?

As atividades a serem desenvolvidas pela INB, como visto nos itens anteriores, envolvem contínuos cuidados relacionados com o manejo de material radioativo.

Seja no transporte, seja na produção ou ainda na estocagem desse material, a INB deverá cumprir uma extensa relação de procedimentos que garantam a manutenção da qualidade ambiental de sua área de influência.

Gestão  
Ambiental

Tais procedimentos deverão estar submetidos a uma estrutura específica de gestão ambiental, capacitada para a administração de todas as ações preconizadas pela legislação ambiental, pelas normas operativas relacionadas a sua atividade e pelas recomendações de seu Estudo de Impacto Ambiental.

Tais ações foram aqui organizadas em três blocos, sendo o primeiro constituído pelo das ações compensatórias, o segundo pelos das ações corretivas e o terceiro pelo das de monitoramento.

Ações  
Compensatórias

Programa de  
Reflorestamento

Incluem-se nas ações compensatórias aquelas relacionadas a recuperação da mata marginal à Represa do Funil, no âmbito da propriedade da INB. Neste programa de Reflorestamento, encontra-se um sub-programa para recomposição da mata ciliar (231 ha, com custo em torno de R\$ 533.000) e um sub-programa agroflorestal (197 ha, com custo em torno de R\$ 278.000). O mapa AB-000-02-003 apresenta o Programa de Gestão Ambiental, mostrando as áreas reservadas para os projetos de recuperação ambiental e desenvolvimento agro-florestal. Estão também neste conjunto de ações aquelas necessárias ao estabelecimento de uma Unidade de Conservação e as relativas a realização de um Programa de Educação Ambiental, atividades prontas no EIA.

AB-000-02-003

Ações  
Corretivas

Fazem parte das ações corretivas aquelas voltadas ao controle de suas emissões, ou seja, todos os procedimentos necessários ao tratamento de seus efluentes sanitários, rejeitos líquidos radioativos, rejeitos não radioativos, rejeitos gasosos e resíduos sólidos. Fazem parte também destas ações aquelas vinculadas ao controle de processos erosivos no terreno da INB.

Tratamento de  
Efluentes  
Sanitários

As águas servidas do Complexo Industrial de Resende - banheiros, pias e restaurante - são atualmente encaminhadas a sistemas descentralizados de fossa e sumidouro, dimensionados no início da construção para o atendimento das necessidades do Complexo como um todo. Assim sendo, se bem mantido, o sistema tem perfeitas condições de atender o pequeno acréscimo de demanda provocado pelas Unidades de Pó e Pastilhas, que acarretarão 222 novos postos de trabalho na fase de montagem e partida, sendo que 137 destes serão permanentes.

Rejeitos Líquidos  
Radioativos

Conforme verificado, os efluentes líquidos radioativos a serem gerados nas unidades consideradas atendem às especificações exigidas para o lançamento no rio Paraíba do Sul.

Porém, para uma maior garantia da proteção ambiental, recomenda-se a implantação de uma Lagoa de Polimento. Esta Lagoa de Polimento irá permitir maior controle do descarte dos efluentes líquidos, inclusive para situações emergenciais que requeiram a utilização de quantidades significativas de água (vazamentos de amônia e metanol, por exemplo), que serão coletados da drenagem das áreas de estocagem desses produtos, tratados e encaminhados à lagoa pelo sistema de descarte final.

Os efluentes líquidos provenientes do sistema de tratamento das águas residuais inativas e das água de drenagem industrial apresentam baixo teor de urânio. O efluente líquido da fábrica representa 1.185,6 g/ano de urânio, não acarretando impacto ambiental significativo ou dose efetiva que ofereça qualquer risco à saúde humana pelo caminho aquático, conforme apresentado anteriormente.

Estes efluentes também apresentam um teor de flúor (cerca de 6,5 ppm) abaixo do limite especificado pela FEEMA, que é de 10 ppm, não provocando assim qualquer agressão ambiental.

Rejeitos não  
Radioativos

Os rejeitos sólidos não-radioativos gerados nas Unidades de Pó e Pastilhas são considerados inertes (Classe III) e, portanto, destinados ao sistema convencional de coleta e disposição final, de acordo com a Resolução CONAMA 06/88 e NBR 10004.

Rejeitos  
Gasosos

Devido a eficiência de 99,9% do sistema de filtros a ser utilizado nas unidades de produção consideradas, um valor médio de 0,8% do urânio processado será lançado na atmosfera. Na condição máxima de operação (240 t/ano), a taxa de atividade nas emissões atmosféricas normais será de 3,9 E+07 Bq/ano.

Essas emissões, conforme demonstrado anteriormente, não apresentam risco ambiental ou dano à saúde humana, posto que implicam doses efetivas muito inferiores aos limites estabelecidos pela CNEN, mesmo no pior cenário.

As emissões previstas de flúor, amônia e metanol, após o sistema de filtros e lavadores são - quando comparadas àquelas típicas da indústria química convencional - insignificantes e acarretam concentrações negligenciáveis após o processo de dispersão atmosférica.

Rejeitos Sólidos  
Radioativos

Os rejeitos sólidos radioativos, a serem gerados no decorrer do processo, ou seja, a torta composta de CaF<sub>2</sub>, urânio e cal não-reagida, serão acondicionados em tambores metálicos de 200 litros e armazenados. Estes rejeitos apresentam um alto grau de confinamento, a níveis de radiação tão baixos que minimizam os impactos ambientais.

Esse material, assim como outros rejeitos radioativos no País, será mantido sob a guarda do Empreendedor, em condições controladas nos termos das normas CNEN, até que seja encaminhada a solução global de destinação

final de rejeitos radioativos em estudo por aquela Comissão, legalmente responsável por sua destinação final.

Antes de serem usados, os tambores destinados ao acondicionamento desses rejeitos ativos passarão por adequado processo de qualificação.

Os tambores serão armazenados em uma parte da atual instalação do complexo (Almoxarifado da Unidade II). Um dos galpões será o Depósito de Rejeitos Sólidos de Baixa Atividade. Os tambores de rejeitos serão reunidos em paletes, a serem empilhadas diretamente sobre o piso. Para essa adequação, será construída uma parede de isolamento em alvenaria de blocos de concreto vazados, tornando o ambiente exclusivo para esse fim. O piso, as paredes existentes e a nova parede serão revestidas com massa e tinta epoxy.

Os rejeitos sólidos não radioativos serão postos à disposição para comercialização, após devida certificação, isto é, após verificação das taxas de atividade e acondicionamento próprio. Está, contudo, considerada a possibilidade de ocorrerem dificuldades de comercialização desses produtos, o que levou a consideração, no projeto, de seu acondicionamento e armazenamento a longo prazo.

Os rejeitos sólidos inertes, conforme já destacado, terão destino de lixo normal, após a reciclagem possível.

Controle de  
Erosão

Não será necessário nenhum tipo de movimentação de terra durante a fase de implantação do empreendimento, visto que para o seu funcionamento serão utilizadas edificações já existentes, que sofrerão apenas adaptações.

No entanto, foram observadas durante os trabalhos de campo na área da INB diversas feições erosivas, em maior ou menor estágio de desenvolvimento, que deverão sofrer algum tipo de intervenção, a fim de que não venham a evoluir de modo a causar problemas de deslizamentos e de assoreamento do sistema de drenagem.

Como descrito anteriormente, a área industrial da INB foi implantada sobre um terreno que havia servido como canteiro de obras e jazida de empréstimo de material terroso durante a construção da barragem da represa do Funil. Portanto, a área que antes possuía topografia ondulada, com elevações variando de 445 a 490 m, foi parcialmente aplainada, passando a ter altitude média de 470 m.

Como resultado da alteração radical da área, os sedimentos arenosos pertencentes à Bacia de Resende passaram a aflorar. Estes, sem a proteção da vegetação e do solo que os recobria no passado, passaram a ser erodidos pelas águas superficiais.

As feições erosivas presentes na área deverão ser recuperadas.

As áreas onde hoje ocorrem sulcamentos e ravinamento ainda não muito desenvolvidos deverão ser estabilizadas através de retaludamento e/ou preenchimento com material terroso, desvio ou condicionamento das águas superficiais que vertem nestas áreas, além do plantio de vegetação que as estabilize e proteja do impacto direto das chuvas (gramíneas, espécies arbustivas densas e árvores de crescimento rápido e sistema radicular denso e profundo).

As áreas onde ocorrem voçorocas em estágio de evolução adiantado deverão sofrer intervenções que as estabilizem, tais como obras de desvio e condicionamento das águas superficiais que deságuam nessas feições, plantio de espécies tais como o bambu em seus eixos, reflorestamento de suas áreas marginais. A voçoroca que se desenvolve ao Sul da estação de tratamento de águas deverá ser alvo de estudos mais apurados que visem a interrupção de sua evolução.

As voçorocas que se desenvolvem ao longo das antigas cabeceiras de drenagem inundadas pelas águas do reservatório do Funil, a exemplo da feição acima citada, são de difícil controle, visto que evoluem

principalmente através da variação das águas deste reservatório e por piping. O reflorestamento das margens da represa do Funil poderá contribuir para mitigar o processo de evolução destas feições erosivas. Durante este reflorestamento, deverá ser dada especial atenção a estabilização destas feições, podendo ser empreendido um programa especial de plantio de espécies arbustivas e arbóreas de crescimento rápido.

As feições erosivas causadas pelos cortes de estrada, observadas principalmente nas estradas de acesso ao setor Sul da área da INB, poderão ser controladas e evitadas através de obras relativamente simples de canalização, revestimento e retaludamento.

Ações de  
Monitoramento

Incluem-se nas ações de monitoramento o conjunto de esforços a serem feitos no sentido de formar bancos de dados relacionados ao clima, à qualidade do ar, à qualidade da água e à biota aquática da área de influência do Empreendimento.

A coleta, organização e análise destes dados irão subsidiar a atuação da INB no sentido de promover alterações em seus procedimentos operativos, informando, por outro lado, à sociedade, os padrões ambientais estabelecidos a partir de sua operação.

Monitoramento  
das Condições  
Climáticas

Com a implantação das Unidades de Pó e Pastilhas, a INB instalou um Sistema de Aquisição de Dados Meteorológicos (SADM), constando de uma única torre, de 60 m de altura, com tomada de dados em 3 níveis para o estudo da dispersão atmosférica. Os instrumentos meteorológicos já instalados e em operação efetuam as seguintes medidas:

- **No nível de 60 m:** velocidade e direção do vento horizontal, e temperatura do ar;
- **No nível de 10 m:** velocidade e direção do vento horizontal, temperatura e umidade relativa do ar;
- **No nível do solo (próximo à torre):** precipitação pluviométrica, irradiação solar global e pressão atmosférica.



Monitoramento  
da Qualidade  
do Ar

As precisões dos equipamentos são as especificadas na Norma CNEN-NE-1.22. Estes instrumentos, seus periféricos e acessórios, constituem um sistema cuja configuração será do tipo Central/Remota.

Os estudos de dispersão comentados anteriormente mostram que a dose equivalente efetiva no cenário operacional normal, para emissão atmosférica de radionuclídeo, é muito inferior ao limite estabelecido pela CNEN. Fora dos limites do Complexo, atinge-se uma concentração no ar considerada desprezível em relação aos níveis normais de radiação de fundo existentes na região.

Os outros elementos presentes nas emissões atmosféricas (flúor, amônia e metanol) apresentam uma concentração pouco significativa. Estas emissões, portanto, não apresentam qualquer possibilidade de agressão ao meio ambiente.

Deverão ser mantidos os 10 pontos de amostragem com dosímetros do tipo TLD, analisados trimestralmente.

Monitoramento  
da Qualidade  
da Água

As normas nacionais interpretam como qualidade da água aquela situação que permite o tratamento das águas superficiais para abastecimento da população com água potável, sem maiores riscos à saúde, dentro de certas limitações econômicas. Este enfoque mais utilitário alterou o conceito originalmente estabelecido, de mera descrição da situação ecológica de uma água superficial, para um conceito mais tecnológico, partindo de critérios ecológicos, dentro do manejo e planejamento hidro-econômico.

A vigilância da qualidade da água é definida pela Organização Mundial da Saúde como “contribuição contínua e vigilante à saúde pública e fiscalização da segurança e da aceitabilidade de suprimentos de água potável” o que permite avaliar os níveis de contaminação e garante os seus múltiplos usos.

A garantia da disponibilidade de água, também em face a um crescente consumo, torna os fatores de avaliação ecológica das águas fundamental às

medidas utilizadas em tratamento de esgotos e na água potável.

Uma das principais preocupações no estabelecimento de índices de qualidade de água, seja unicamente em base biológica ou através de modelos matemáticos mais gerais, é tornar aplicável avaliações ecológicas, para fins de rotina, também para pessoal não especializado na área.

A melhor identificação da classificação das águas, é efetuada através das normas estabelecidas para definir condições mínimas em função dos vários tipos de uso: água potável, água de irrigação, uso industrial, preservação de flora e fauna e etc. As normas brasileiras para classificação de águas, em função de seu uso, foram publicadas pela Portaria/QM/no 0013, de 15 de janeiro de 1976, do Ministério do Interior e posteriormente pela Resolução CONAMA 20, de 18 de junho de 1986.

As atividades de monitoração da qualidade de água, quando comparadas com os padrões estabelecidos, constituem-se no principal instrumento para tomada de decisões relativas às ações de controle de poluição das águas, possibilitando criar estratégias para preservação de ecossistemas aquáticos e da saúde humana.

Água Potável e  
Subterrânea

O monitoramento efetuado pela INB nos pontos de coleta de água potável e água subterrânea deve ser mantido, não sendo propostas modificações na periodicidade e nas variáveis físicas, químicas e físico-químicas amostradas.

Água Superficial

#### Ribeirão da Água Branca

Os pontos de coleta no Ribeirão da Água Branca devem ser mantidos. A amostragem deverá ser efetuada mensalmente na superfície. Devem ser incluídos nos parâmetros físicos, químicos, e físico-químicos a determinação de nitrogênio total e fósforo total. Com relação aos isótopos de urânio, devem ser realizadas análises de urânio total, e a partir dos valores obtidos, devem ser realizadas análises de fluorimetria. Outro parâmetro fundamental a ser monitorado semestralmente é o teor de urânio

dos sedimentos de fundo de todos pontos, que possibilitará o acompanhamento da incorporação deste elemento.

### Rio Paraíba do Sul e Reservatório do Funil

Nestes compartimentos, visando um melhor acompanhamento da qualidade das águas e dos efluentes da FEC-II, sugere-se além do monitoramento dos pontos já existentes, o aumento da malha amostral através da inclusão de novos pontos de coleta (Ver Figura 15.1).

O monitoramento das águas deverá ser efetuado com periodicidade mensal. Os pontos amostrais deverão ser deslocados para a região limnética do corpo d'água, a fim de permitir a coleta em duas profundidades, superfície e fundo. Esta deverá ser feita com apoio de barco e auxílio de uma garrafa de Van Dorn. Além das variáveis físicas, químicas, e físico-químicas monitoradas, deve-se incluir fósforo total e nitrogênio total. Para os radionuclídeos, deve-se acompanhar as concentrações de urânio. Em todos os pontos deverão ser mensurados os teores de urânio no sedimento.

ENTRA FIGURA 15.1 (8.1 do EIA – Programa de Monitoração)

Os resultados obtidos neste monitoramento deverão ser tratados estatisticamente através de análises de correlação e regressão, de agrupamento (cluster) e de componentes principais. Este tratamento permitirá a compreensão da dinâmica espaço-temporal dos parâmetros físicos, químicos, e físico-químicos e a comparação entre os pontos amostrais, contribuindo de maneira decisiva para o entendimento ecológico dos ecossistemas aquáticos envolvidos e a dinâmica do urânio nestes. Além disso, a interrelação dos dados de qualidade de água com fatores climáticos e edáficos locais, fornecerá um suporte a gestão dos ecossistemas aquáticos monitorados.

#### Monitoramento Biológico

Visando avaliar a eventual incorporação de urânio à biota, deverá ser efetuado o monitoramento biológico. O comportamento deste elemento na água e a análise da biota aquática da área de influência direta do empreendimento, apontam os peixes como principais indicadores biológicos para este monitoramento. A seleção das espécies indicadoras foi feita considerando abundância e hábito alimentar. Sendo assim, destacaram-se três espécies: o mandigouçu, a tilápia e o cascudo. Cabe ainda ressaltar que, por serem largamente utilizados na alimentação humana, estes animais são uma importante indicação de contaminação.

O monitoramento biológico deverá ser efetuado através da coleta bi-mensal de cinco indivíduos de cada espécie de peixe, em todos os pontos de coleta de águas superficiais do Ribeirão da Água Branca e em pontos amostrais do Rio Paraíba do Sul.

O método de captura dos peixes ou arte de pesca, deve ser o mesmo em todos os pontos de coleta. Após a captura, os peixes deverão ser analisados no Laboratório de Monitoração Ambiental da INB para proceder análises do teor de urânio. Os resultados obtidos deverão ser correlacionados com as concentrações de urânio da água e do sedimento dos pontos de coleta, bem como discutidos com apoio de bibliografia especializada.

Sugere-se que os resultados obtidos no monitoramento, sejam apresentados publicamente em conjunto com outras instituições que realizam estudos na bacia do Rio Paraíba do Sul. Isto pode ser feito através de “workshops” ou de encontros que reúnem segmentos organizados da sociedade de pescadores e população em geral, gerando discussões, trocas de informação e elaboração de estratégias para preservação do rio Paraíba do Sul.

Qualidade  
Ambiental

Com o cumprimento dos procedimentos apresentados acima, será garantida a qualidade ambiental da área de influência da INB. A Unidade de Produção de Pó e Pastilhas de  $UO_2$  não acarretará em nenhum prejuízo ambiental.

## 16. CONCLUSÕES

A equipe técnica responsável por este relatório sente-se absolutamente segura em defender a concessão da licença de operação ao empreendimento.

O empreendimento acarretará impactos ambientais negativos desprezíveis, mesmo em cenários de acidentes com baixíssima probabilidade, gerando, por outro lado, efeitos positivos notáveis, cabendo destacar:

- o avanço no domínio do ciclo do combustível nuclear e a conseqüente fixação de tecnologia básica, que impulsionará outras atividades no País;
- os efeitos positivos sobre a balança de pagamentos, pela substituição de importação de pastilhas prontas por hexafluoreto de urânio, um produto de menor valor agregado;
- os efeitos positivos de encadeamento econômico - efeitos para frente e para trás (estimulando a produção de urânio no País) propiciados pelo empreendimento;
- os efeitos fiscais positivos, principalmente em termos de ICMS e tributos locais; e
- os efeitos induzidos sobre a demanda agregada provocados pelos aumentos diretos e indiretos do fluxo de renda regional.

## 17. GLOSSÁRIO

A área nuclear, a exemplo de várias outras, dispõe de uma terminologia própria, inerente ao seu ramo de atividade. Não sendo esta uma área de amplo domínio da maioria dos profissionais, e como essa terminologia será bastante utilizada na descrição do empreendimento e em etapas posteriores no desenvolvimento deste trabalho, considerou-se pertinente a definição dos principais termos usados na área nuclear.

**Acidente** - desvio inesperado e significativo das condições normais de operação de uma instalação nuclear, que possa resultar em danos à propriedade e ao meio ambiente, ou em exposições de trabalhadores e indivíduos do público acima dos limites primários de dose equivalente estabelecidos pela CNEN;

**Acidente de Criticalidade Nuclear** - estabelecimento de reação de fissão nuclear com liberação repentina e descontrolada de enorme quantidade de energia;

**Acidente de Transporte** – evento inesperado durante um transporte de cargas, envolvendo danos a pessoas, bens, meios de transporte ou cargas;

**ALARA (acrônimo inglês para *as low as reasonably achievable* “tão baixo quanto razoavelmente exequível”)** - um conceito que significa que o projeto e uso das instalações nucleares, e as práticas a elas associadas, sejam tais, que assegurem que as exposições sejam mantidas tão baixas quanto razoavelmente praticáveis, levando-se em conta fatores técnicos, econômicos e sociais;

**Área Controlada** - área restrita, na qual as doses equivalentes efetivas anuais podem ser iguais ou superiores a três décimos do limite primário para trabalhadores, ou seja, iguais ou superiores a 15 mSv;



**Área de Controle** - área adjacente à área de impacto, na qual não são esperados efeitos devido à liberação de efluentes radioativos líquidos e gasosos para o meio ambiente;

**Área de Exclusão** - área estabelecida em torno da FEC II, para a qual é proibido o acesso a pessoas não autorizadas pelo proprietário, e dimensionada tal que um indivíduo, situado em qualquer ponto no seu limite por duas horas consecutivas imediatamente após o acidente postulado da instalação nuclear, não receberá uma dose equivalente efetiva maior que 0,25 Sv e uma dose equivalente comprometida na tiróide maior que 3 Sv;

**Área de Impacto** - geralmente é a área mais próxima da instalação nuclear, onde são esperadas manifestações de efeitos decorrentes da liberação de efluentes líquidos e gasosos para o meio ambiente;

**Área Restrita** - área sujeita a regras especiais de segurança, na qual as condições de exposição podem ocasionar doses equivalentes efetivas anuais superiores a dois centésimos do limite primário para trabalhadores, i. e., superiores ao limite de dose para indivíduos do público de 1 mSv, conforme estabelecido na Tabela I da norma CNEN-NE 3.01 - “Diretrizes Básicas de Radioproteção”. Subdivide-se em Área Supervisionada e Área Controlada;

**Área Supervisionada** - área restrita, na qual as doses equivalentes efetivas anuais são mantidas inferiores a três décimos do limite primário para trabalhadores, i.e., inferiores a 15 mSv;

**Atividade (de uma quantidade de radionuclídeo em um determinado estado de energia a um dado tempo)** - grandeza expressa por:

$$A = dN/dt$$

onde: dN é o valor médio esperado do número de transições nucleares espontâneas daquele estado de energia no intervalo de tempo dt

A unidade de atividade é denominada becquerel (Bq) :1 Bq = 1 dps

A antiga unidade curie (Ci) é, às vezes, usada na prática:  $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ ;

**Atividade Específica** – atividade de um radionuclídeo por unidade de massa do mesmo. No caso de um material no qual o radionuclídeo está uniformemente distribuído, é a atividade por unidade de massa do material;

**Átomo** - A menor partícula de um elemento que pode entrar em uma combinação química. O átomo é constituído basicamente de um núcleo, formado de prótons e nêutrons, e uma “nuvem” de elétrons que giram em torno do núcleo;

**Barreira Física** - cercas, paredes ou muros, tetos e pisos possuindo características de construção e resistência compatíveis com a natureza da instalação;

**Ciclo do Combustível** - série de processos cíclicos envolvidos no preparo do combustível para reatores nucleares de potência;

**Combustível Nuclear** - material físsil ou contendo nuclídeos físséis que, quando utilizado em um reator nuclear, possibilita uma reação nuclear em cadeia;

**Contaminação Radioativa ou, simplesmente, Contaminação** - presença indesejável de materiais radioativos em pessoas, materiais, meios ou locais;

**Criticalidade Nuclear ou, simplesmente, Criticalidade** - estado ou condição de um meio multiplicador de nêutrons contendo material físsil, cujo fator de multiplicação seja igual à unidade, ou seja, no qual se possa desenvolver um processo auto-sustentável de fissão nuclear;

**Decaimento Radioativo ou desintegração nuclear** - transformação de um radionuclídeo em um nuclídeo diferente ou em um estado de energia

diferente do mesmo nuclídeo, tendendo para um estado mais estável. O decaimento pode se processar por emissão de partículas alfa, partículas beta, por captura nuclear, por ejeção de elétrons orbitais e por fissão nuclear;

**Descontaminação radioativa ou, simplesmente, Descontaminação** - remoção de contaminantes radioativos de superfícies, equipamentos, e pessoas, como, por exemplo, a limpeza e lavagem com produtos químicos;

**Detector** - material ou dispositivo sensível às radiações e capaz de produzir um sinal de resposta possível de ser medido ou analisado. Instrumento para detectar radiações;

**Dose** - quantidade de energia cedida pela radiação por unidade de massa do meio no qual interage. Ela é classificada em duas categorias: dose equivalente, quando a radiação libera sua energia ao ser humano, provocando danos biológicos, e dose absorvida, quando esta energia é cedida a qualquer meio, inclusive ao homem;

**Dose Absorvida** - quantidade de energia liberada por unidade de massa, no local de interesse, por qualquer tipo de radiação ionizante a qualquer meio absorvedor. Em outras palavras, a dose absorvida é dada pelo quociente entre a energia média de depositada pela radiação ionizante em um elemento de volume  $dv$  do meio considerado e a sua massa  $dm$ :

$$D = d\bar{\epsilon}/dm$$

**Dosímetro** - dispositivo que mede a dose total de radiação acumulada pelo usuário durante um determinado intervalo de tempo. Exemplos: filme dosimétrico, caneta dosimétrica e dosímetro termoluminescente;

**Dps (desintegrações por segundo)** - unidade de atividade (1 dps = 1 Bq);

**Dpm (desintegrações por minuto)** - unidade de atividade - (1 dpm = 60 dps = 60 Bq);

**Elemento Combustível** - grupo de componentes construtivamente independentes – varetas de combustível, tubos-guia, placas, pinos e outros – contendo combustível nuclear que, em circunstâncias normais, constitui uma unidade estrutural desde sua fabricação até seu eventual reprocessamento;

**Elétron** – é uma partícula fundamental com carga elétrica negativa de 1,602 E-19 Coulombs, são os elementos básicos do átomo, distribuídos ao redor do núcleo em camadas e sua estrutura eletrônica é responsável pelas propriedades químicas do átomo;

**Elétron-Volt (símbolo: eV)** - unidade de energia equivalente àquela adquirida pelo elétron, ao passar através de um campo elétrico com a diferença de potencial de 1 volt;

. múltiplos: keV = 10<sup>3</sup> eV = um mil elétron-volts; e

MeV = 10<sup>6</sup> eV = um milhão de elétron-volts;

**Embalado** – volume apresentado para transporte, abrangendo a embalagem e respectivo conteúdo radioativo;

**Emergência** - qualquer situação anormal na instalação nuclear, que possa ter como consequência um acidente radiológico, danos à propriedade ou ameaça física ao público em geral;

**Enriquecimento** - razão entre o peso combinado dos isótopos de urânio 235 e urânio 238 e o peso total do urânio em questão;

**Equipamento Especificado** - equipamento especialmente projetado ou preparado para o processamento, uso ou produção de material nuclear ou material especificado;

**Equipamento Vital** - equipamento, sistema, dispositivo ou material cuja falha, destruição, remoção ou liberação é capaz de, direta ou indiretamente, provocar uma situação de emergência para a unidade operacional em que estiver localizado;

**Eventos Iniciadores Postulados** – eventos que levem a ocorrências operacionais previstas e condições de acidente;

**Exposição** - irradiação externa ou interna de pessoas com radiação ionizante. Termo também empregado para denominar a grandeza usada na avaliação da quantidade de radiação incidente num volume elementar de ar, cuja unidade atual é o coulomb por quilograma (C/kg) que substitui o roentgen (R);

**Exposição Acidental** - exposição involuntária e imprevisível em condições de acidente;

**Exposição de Emergência** - exposição deliberadamente ocorrida durante situações de emergência, exclusivamente no interesse de:

- . salvar vidas;
- . prevenir a escalada de acidentes que possam acarretar mortes; ou
- . salvar uma instalação de vital importância para o País.

**Exposição Externa** - exposição devido a fontes de radiação ionizante externas ao corpo humano;

**Exposição Interna** - exposição devida a fontes de radiação ionizante internas ao corpo humano, proveniente de incorporação de material radioativo;

**Exposição Natural** - exposição resultante de materiais radioativos naturais

existentes no corpo humano e da radiação natural de fundo;

**Exposição Ocupacional** - exposição de um indivíduo considerado como trabalhador ocupacional. A dose total devido a este tipo de exposição é a soma das doses oriundas de fontes externas e internas, que atingirem o corpo durante as horas de trabalho;

**Fall-out** - material radioativo que retorna à Terra após uma explosão nuclear. Apresenta duas formas. A primeira, chamada de *fall-out* local, consiste em partículas densas lançadas na atmosfera por explosões nucleares, as quais retornam à Terra dentro de 24 horas perto do local da detonação e numa área não muito extensa, dependendo das condições meteorológicas. A outra forma, denominada de *fall-out* global, consiste em partículas leves, que atingem a troposfera e estratosfera, sendo distribuídas numa grande área da Terra pela circulação atmosférica. Essas partículas chegam à Terra principalmente devido à ação da neve e da chuva, em períodos de meses a anos.

**Fissão Nuclear ou, simplesmente, Fissão** – reação nuclear, na qual o núcleo de um átomo absorve um nêutron e o núcleo composto resultante torna-se tão instável, que se divide em duas ou três partes, liberando grande quantidade de energia e emitindo dois a três nêutrons juntamente com radiação alfa, beta ou gama.

**Fonte de Radiação ou, simplesmente, Fonte** - aparelho ou material que emite ou é capaz de emitir radiação ionizante;

**Garantia da Qualidade** – conjunto de ações sistemáticas e planejadas, necessárias para proporcionar confiança adequada de que uma estrutura, sistema, componente ou instalação funcionará satisfatoriamente em serviço, ou conjunto das ações sistemáticas de controles e inspeções implementadas pelas organizações envolvidas no transporte de materiais radioativos, objetivando prover garantia adequada de que os padrões de segurança

estabelecidos na norma CNEN-NE 5.01 sejam alcançados na prática;

**Grupo Crítico (para fontes de radiação especificadas)** - grupo de membros da população, cuja exposição é razoavelmente homogênea e típica dos indivíduos que recebem as maiores doses equivalentes ou doses equivalentes efetivas;

**Homem de Referência** - modelo de adulto hipotético, incluindo características fisiológicas e anatômicas, adotado pela CNEN em conformidade com as recomendações da International Commission on Radiological Protection (ICRP), em sua publicação ICRP-23 de 1975;

**Incorporação de Material Radioativo ou, simplesmente, Incorporação** - atividade de determinado material radioativo no instante de sua admissão no corpo humano por inalação, ingestão ou penetração através da pele ou de ferimentos;

**Indivíduo do Público** - qualquer membro da população não exposto ocupacionalmente à radiação, inclusive trabalhadores, estudantes e estagiários quando ausentes das áreas restritas da instalação radiativa ou nuclear;

**Inspeção** – ação de controle da qualidade que, por meio de exame, observação ou medição, determina a conformidade de itens, processos e procedimentos com os requisitos da qualidade pré-estabelecidos;

**Instalação Nuclear** - instalação na qual material nuclear é produzido, processado, reprocessado, utilizado, manuseado ou estocado em quantidades relevantes, a juízo da CNEN. Em outras palavras, instalação nuclear significa:

- . um reator, um conjunto crítico, uma planta de conversão, uma planta de fabricação, uma planta de reprocessamento, uma planta de separação de isótopos ou uma unidade de armazenamento separada; ou

. qualquer lugar onde material nuclear é habitualmente usado ou estocado em quantidades superiores a um quilograma efetivo;

**Ionização** – resultado de qualquer processo pelo qual átomos ou moléculas, que são neutros, adquirem carga elétrica positiva ou negativa;

**Isótopo** – Átomos com o mesmo número de prótons, mas com diferentes números de nêutrons. Um mesmo elemento químico pode ter vários isótopos, como o urânio (U-233, U-234, U-235, U-238) e o hidrogênio (hidrogênio leve, deutério e trítio);

**Liberação** – descarga de material radioativo – sólido, líquido ou gasoso – de uma instalação nuclear;

**Limite Ocupacional** - limite estabelecido pela CNEN dentro do contexto da radioproteção, aplicável a trabalhadores, estudantes, aprendizes e estagiários, cujas atividades envolvam o emprego de radiação;

**Limite Operacional** - limite estabelecido pela gerência da FEC II, obrigatoriamente inferior ao correspondente limite estabelecido pela CNEN;

**Massa Crítica** - menor quantidade de material físsil capaz de produzir uma reação em cadeia auto-sustentável sob condições estabelecidas;

**Material Físsil** - Plutônio 238, plutônio 239, plutônio 241, urânio 233, urânio 235 ou qualquer combinação desses radionuclídeos. Estão excluídos dessa especificação, para fins de transporte, urânio natural e urânio empobrecido não-irradiados, ou que tenham sido somente irradiados em reatores térmicos;

**Material Nuclear** - os elementos nucleares ou seus subprodutos definidos na Lei nº 4.118, de 27 de agosto de 1962, tais como: plutônio 239, urânio 235 ou 238, urânio enriquecido nos isótopos 235 ou 233, urânio contendo



mistura isotópica igual à encontrada na natureza, urânio empobrecido no isótopo 235, tório com pureza nuclear ou qualquer material que contenha um ou mais dos anteriores. São excluídos desta definição minérios e ganga;

**Material Radioativo** - material que contém substâncias emissoras de radiação eletromagnética ou particulada, direta ou indiretamente ionizante;

**Meia-Vida** - tempo necessário para que uma substância radioativa perca 50% de sua atividade por desintegração;

**Meia-Vida Biológica** - tempo requerido para um sistema biológico – por exemplo, um homem ou um animal – eliminar, por processos naturais, metade da quantidade de um radionuclídeo que tenha sido absorvido por aquele organismo;

**Meia-Vida Efetiva** - tempo requerido para um radionuclídeo contido em um sistema biológico – um homem ou um animal – reduzir a sua atividade pela metade, em um resultado combinado entre o decaimento radioativo e a eliminação biológica;

**Moderador** - material de baixo peso atômico, como a água comum, a água pesada ou o grafite, utilizado no reator para diminuir a alta velocidade dos nêutrons rápidos, aumentando então a probabilidade de esses nêutrons provocarem a fissão nuclear;

**Monitoração Radiológica ou, simplesmente, Monitoração** - medição de grandezas relativas à radioproteção, para fins de avaliação e controle das condições radiológicas das áreas de uma instalação nuclear ou do meio ambiente, de exposições ou de materiais radioativos e materiais nucleares;

**Monitoração de Área** - avaliação e controle das condições radiológicas das áreas da instalação nuclear, incluindo medição de grandezas relativas a:

- . campos externos de radiação;
- . contaminação de superfícies; e
- . contaminação atmosférica.

**Nêutron** - partícula elementar sem carga elétrica que está presente no núcleo de todos os átomos, com exceção dos do hidrogênio leve. O nêutron pode interagir com núcleos, sofrendo captura e provocando a formação de novos núcleos. A fissão nuclear é um processo que ocorre depois de uma dessas capturas;

**Núcleo** – parte positiva do átomo, constituída de neutrons e protons de raio pequeno ( $\sim 10^{-12}$  ou  $10^{-13}$  cm) e onde se concentra a quase totalidade de sua massa;

**Nuclídeo** - termo geral aplicado a todas as formas atômicas dos elementos, compreendendo todos os isótopos de todos os elementos. Os nuclídeos são diferenciados pelos seus números atômicos, massas atômicas e estados de energia;

**Operação Normal** – operação que inclui todas as condições e eventos possíveis de ocorrer no curso da operação pretendida, quando realizada sob controles administrativos e procedimentos especificados dentro das condições limites de operação e sem ocorrências que possam afetar a segurança;

**Partícula Alfa** - partícula carregada positivamente e emitida pelo núcleo de certos materiais radioativos, compondo-se de dois neutrons e dois protons ligados entre si, de forma idêntica ao núcleo do átomo de hélio. É a menos penetrante das radiações ionizantes, podendo ser blindada por uma folha de papel;

**Partícula Beta** - partícula elementar, emitida por um núcleo durante o seu decaimento radioativo, possuindo carga elétrica unitária e massa igual a  $1/1837$  da de um próton. Uma partícula beta carregada negativamente é

idêntica a um elétron, enquanto que aquela carregada positivamente é chamada de pósitron;

**Plano de Emergência** - conjunto de medidas a serem implementadas em caso de situação potencial ou real de acidente;

**Plano de Proteção Física (PPF)** – documento sigiloso que descreve a proteção física de determinada unidade operacional, de acordo com os requisitos da norma CNEN-NE 2.01 – “Proteção Física de Unidades Operacionais da Área Nuclear”;

**Programa Nuclear Brasileiro (PNB)** - conjunto dos projetos e atividades relacionados com a utilização da energia nuclear, segundo orientação, controle e supervisão do Governo Federal;

**Proteção Física** - conjunto de medidas destinadas a evitar ato de sabotagem contra material, equipamento e instalação, a impedir a remoção não-autorizada de material, em especial nuclear, e prover meios para a rápida localização e recuperação de material desviado, e a defender o patrimônio e a integridade física do pessoal de uma unidade operacional;

**Próton** – é uma partícula sub-atômica, de núcleo estável, com carga elétrica positiva e número de massa unitário; forma o núcleo de todos os átomos junto com o nêutron;

**Radiação Ionizante ou, simplesmente, Radiação** - qualquer partícula ou radiação eletromagnética que, ao interagir com a matéria, ioniza direta ou indiretamente seus átomos ou moléculas (retirando ou deslocando elétrons das órbitas mais externas dos átomos. Por exemplo: raios X e radiação alfa, beta e gama);

**Radiação Natural ou Radiação de Fundo** - radiação de origem cósmica ou de elementos radioativos naturais existentes no meio ambiente ou no organismo humano, sem que o nível de radiação original devido a essas

fontes tenha sido aumentado por atividades humanas;

**Radioatividade** - decaimento espontâneo ou desintegração de um núcleo atômico instável, usualmente acompanhado pela emissão de radiação ionizante;

**Radioisótopo** - isótopo radioativo. Isótopo instável de um elemento que decai ou se desintegra espontaneamente, emitindo radiação;

**Radioproteção ou Proteção Radiológica** - conjunto de medidas legais, técnicas e administrativas que visam proteger o homem e o meio ambiente de possíveis efeitos indevidos causados pela radiação ionizante, de acordo com princípios básicos estabelecidos pela CNEN;

**Raios Cósmicos** - radiação dos mais diversos tipos, mas basicamente constituída por núcleos atômicos – basicamente protons – com altíssimas energias, tendo sua origem fora da atmosfera terrestre. A radiação cósmica é parte da radiação de fundo – ou radiação natural –, sendo que alguns raios cósmicos são mais energéticos do que qualquer forma de radiação produzida pelo homem;

**Raios Gama** - radiação eletromagnética com alta energia e frequência – com pequeno comprimento de onda – emitida por um núcleo, que frequentemente acompanha as emissões alfa e beta e sempre acompanha as fissões. São muito penetrantes, podendo ser blindados por materiais densos como o chumbo;

**Raios X** - radiação eletromagnética de pequeno comprimento de onda (menor que  $10^{-8}$  m). Distinguem-se dos raios gama em parte pela sua energia, mas principalmente pela origem. Os raios X são produzidos em transições de elétrons que envolvem órbitas internas, enquanto que os raios gama são produzidos em reações nucleares;

**Reação em Cadeia** - Reação que estimula a sua própria repetição. Numa

reação de fissão nuclear em cadeia, um núcleo de um material físsil absorve um nêutron e fissiona-se, liberando nêutrons adicionais. Estes, por seu turno, podem ser absorvidos por outros núcleos físséis, liberando mais nêutrons;

**Reação em Cadeia Auto-Sustentável** - reação de fissão nuclear em que o número de nêutrons liberados em um determinado tempo é igual ou excede o número de nêutrons perdidos pela absorção em materiais não-físséis ou por escape do sistema. Nesse caso, o fator de multiplicação  $k$  é igual ou maior que um;

**Reação Nuclear** - reação produzindo mudança em um núcleo atômico, tal como fissão, fusão, captura de nêutrons e decaimento radioativo. O termo serve para distingui-la de uma reação química, que está limitada a mudanças na estrutura dos elétrons que envolvem o núcleo do átomo;

**Rejeitos Radioativos** - qualquer material sólido, líquido ou gasoso produzido na FEC II, que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção estabelecidos na norma CNEN-NE 6.02, seção 12, e, para o qual, a reutilização é imprópria ou não previsível;

**Rem (acrônimo inglês para *roentgen equivalent man* – “equivalente humano do roentgen”)** - antiga unidade de dose equivalente, que leva em consideração os danos biológicos provocados pela radiação no ser humano. Foi substituída pela unidade sievert, adotada pelo Sistema Internacional de Unidades (SI) e recomendada pela IAEA aos países membros. Cabe ressaltar que os EUA não atenderam a esta recomendação até o presente momento, continuando a usar a unidade rem.  $\therefore$  1 rem corresponde a 1 cSv =  $10^{-2}$  Sv;

**Roentgen (símbolo: R)** - unidade especial de exposição. Um roentgen corresponde à quantidade de raios X ou gama necessários para produzir ions em um cm<sup>3</sup> de ar, nas condições normais de temperatura e pressão, cuja

soma das cargas elétricas dos elétrons freados no meio é igual a uma unidade eletrostática. Em termos simples, um roentgen corresponde a 2,08 E09 pares de ions por cm<sup>3</sup> de ar, formados por radiação gama ou X, que são coletados sob condições de equilíbrio eletrostático ou quando a soma das cargas elétricas dos íons de um mesmo sinal for igual a 2,58 E-04 C/kg;

**Sabotagem** – qualquer ato deliberado contra uma unidade operacional capaz de, direta ou indiretamente, colocar em perigo a saúde e a segurança dos empregados e do público em geral;

**Salvaguardas** - conjunto de medidas destinadas à proteção e ao controle de material nuclear especial e equipamentos especificados, com o objetivo de evitar seu desvio dos fins permitidos em lei ou tratado;

**Segurança Nuclear** - conjunto de medidas preventivas de caráter técnico incluídas no projeto, na construção, na manutenção e na operação de uma unidade operacional do SIPRON, destinadas a evitar a ocorrência de acidente ou atenuar o efeito deste;

**Serviço de Proteção Física (SPF)** – entidade constituída com vistas à execução e manutenção do Plano de Proteção Física de uma unidade operacional;

**Sievert (símbolo: Sv)** - equivalente de dose de uma radiação igual a 1 joule por quilograma. Nova unidade de dose equivalente, adotada pelo Sistema Internacional de Unidades (SI) e recomendada pela IAEA aos países membros. Substituiu a unidade rem. Cabe ressaltar, que o EUA não atenderam a esta recomendação até o presente momento, continuando a usar a unidade rem. ∴ 1 Sv = 100 rem;

**Situação de Emergência** - situação anormal de um projeto ou atividade do PNB que, a partir de um determinado momento, foge ao controle planejado e pretendido pelo órgão encarregado de sua execução, demandando a

implementação do Plano de Emergência;

**Trabalhador** - empregado da INB ou de firma contratada, usuário de TLD que, em consequência do seu trabalho a serviço da FEC II, possa vir a receber, por ano, doses equivalentes superiores aos limites primários para indivíduo do público estabelecidos na Tabela I da norma CNEN-NE 3.01;

**Usina Nucleoelétrica** – instalação nuclear fixa, dotada de um único reator para produção de energia elétrica;

**Vida-Média** - o conceito de vida-média é análogo ao adotado pelas companhias de seguro de vida, as quais não têm como prever exatamente a data de falecimento de um dado indivíduo, mas podem estabelecer com precisão o tempo médio de vida esperado para uma determinada população. O instante de desintegração de um certo átomo é impossível de ser determinado, no entanto a vida-média de um conjunto de átomos de um dado radionuclídeo pode ser calculada matematicamente, cujo valor é igual ao inverso da constante de decaimento ( $1/\lambda$ );

**Vigilância** – observação permanente efetuada por pessoas, animais ou dispositivos elétricos, eletromecânicos ou eletrônicos;

**Visitante** - empregado não cadastrado como usuário de filme dosimétrico e indivíduo do público; e

**Zona de Baixa População** - área imediatamente contígua à área de exclusão da FEC II, determinada pela posição onde um indivíduo, localizado no seu limite exterior, não receberá uma dose equivalente efetiva maior que 0,3 mSv dose efetiva anual (Norma 3.01) no corpo inteiro nem uma dose equivalente comprometida na tireóide maior que 3 Sv, considerando-se todo o período de passagem da pluma radioativa devida ao acidente postulado da instalação nuclear.

## 18. EQUIPE TÉCNICA

NOME	FORMAÇÃO	REGISTRO
José A. Gemal	Eng. Civil	CREA nº 480 D
Murilo Lisboa	Eng. Mecânico	CREA nº 14479-D
José Carlos L. Legey	Eng. Químico	CREA nº 10567
Marília Machado Ortiz	Eng. Química	CRQ nº 04730/76
Luiz Otávio de Amorim	Eng. Químico	CRQ 8808
João Battista Bruno	Eng. Metalúrgico	CREA 17.970 D
Maria Eduarda C. Pessoa	Eng. Metalúrgica	CREA nº 95-1-22400-0
Lúcia Luiz Pinto	Socióloga	Nº registro MEC 922 de 29/12/82 Registro Federal
Renato Rodriguez C. Ramos	Geólogo	CREA 88-1-01988-5
Márcia Panno	Bióloga	CRB nº 07263/ 2
Cláudia de Faria Vilarinho	Bióloga	CRB nº 95-1-681
Osny Pereira Filho	Biólogo	CRB nº 2 07419/ 2
Jorge Rogério Pereira Alves	Biólogo	CRB nº 07418-2
Emílio Benjamin Vitulich	Geólogo	—
Marco Aurélio P. Louzada	Biólogo	CRB nº 15953/ 02 - D



## 19. LIVROS E DOCUMENTOS CONSULTADOS

- AB'SABER, A.N. & BERNARDES, N. - Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e Arredores de São Paulo. Rev. Eng. Min. Metalurgia. São Paulo, 24 (143): 276-283, 1956.
- AMADOR, E.S. - Estratigrafia e Sedimentação da Bacia de Resende, RJ. An. Acad. Bras. Ciências. 47 (suplemento): 181-225, 1975.
- AMADOR, E.S.; ANTUNES, R.L.; PAIXÃO, R.A. - Notas Complementares Sobre a Estratigrafia da Bacia de Resende. An. Acad. Bras. Ciências. 50(1):122-123, 1978.
- AMARAL, E.C.S; REIS, Y.G; LAURIA, D.C - Levantamento Ambiental Pré-Operacional nas Circunvizinhanças do CIR. INB, 1982.
- AMORIM, H.B. (Coord.) - Inventário das Florestas Nativas dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. IBDF - Brasília. 204 p, 1984.
- AMORIM, M.C. e FRANCA, L.B.P. - Estudo Limnológico do Reservatório do Funil. Anais do XI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1981.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Recursos Naturais e Meio Ambiente - Solos do Estado do Rio de Janeiro, 1993/94.
- ARAÚJO, P.R.P. de. -Biomonitoramento da qualidade da água do Guandú e do Paraíba. Revista Feema, Jul/Ago: 22-25, 1995.
- ASMUS, H.E. & FERRARI, A.L. - Hipótese Sobre a Causa de Tectonismo na Região Sudeste do Brasil. Projeto REMAC, 4:75-88, 1978.
- ASSUMPÇÃO, M. - The Regional Stress Field in South America. Journal of Geophysical Research, 97(88): 11889-11903, 1992.
- ASSUMPÇÃO, M.; DIAS NETO, C.M.; BERROCAL, J.; ANTEZANA, R.; FRANÇA, H.; ORTEGA, R. - Sismicidade do sudeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 31, Camboriú. Anais. Camboriú, SBG, v.2, p.1079-1092, 1980.
- BARROSO, L.V. - Diagnóstico Ambiental para Pesca de Águas Interiores no Estado do Rio de Janeiro. IBAMA. 177pp, 1989.
- BIODIVERSITAS. - Livro Vermelho de Mamíferos Brasileiros Ameaçados de Extinção. Gustavo, A.B. da F. [eds]. Fundação Biodiversitas. Belo Horizonte, 1994.
- BOBEDA, C.A. - Isolamento, purificação e caracterização de *Microcystes*

(heptapeptídeos tóxicos) encontrados em uma floração de cianobactérias ocorrida no reservatório do Funil (Resende, RJ). Tese de mestrado. NPPN - UFRJ. 210pp, 1995.

BOLETIM DGM n.º 88 - O Massiço de Itatiaia e Regiões Circundantes, 1938.

BOLIN, B., G. ASPLING e C. PERSSON, 1974. Residence time of atmospheric pollutants as dependent on source characteristics, atmospheric diffusion processes and sink mechanics. *Tellus*, 26, 185-195.

BOLIN, B., H. RODHE, 1973 A note on the concepts of age distribution and transit time in natural reservoirs. *Tellus*, 25, 58.

BPI, ITATIAIA – Ano 02, n.º 19, Maio 1996.

BPI, ITATIAIA – Ano 02, n.º 22, Agosto 1996.

BRADE, A.C. - Contribuição para o Conhecimento da Flora dos Parques Nacionais de Itatiaia e Serra dos Órgãos. *Rodriguesia*. 9 (19): 9-20, 1945.

BRADE, A.C. - Contribuição para o Conhecimento da Flora da Serra do Itatiaia, Brasil. *Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Vol. XIII: 62-74, 1953-54.

CAMPANHA, G.A.C.; RICCOMINI, C.; MELO, M.S.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M.; DEHIRA, L.K. - Análise do Padrão de Fraturamento Mesozóico-Cenozóico das Bacias Tafrogênicas Continentais do sudeste do Brasil. In: *Simpósio Regional de Geologia*, 5, São Paulo. *Anais*. São Paulo, SBG, v.1, p.337-350, 1985.

CAPANEMA, G.S. - Quais as tradições ou vestígios geológicos que nos levam a certeza de ter havido terremotos no Brasil. *Rev. Inst. Hist. Geogr. Brasil*, 22:135-159, 1959.

CARAUTA, J.P.P.; FRIGOLETTO, M.F. & ROMERO, S.H.F. - Conservação da Flora Próxima ao Reservatório do Funil, Rio de Janeiro. *Albertoa*. Vol. 3 (9): 81-91, 1991.

CAVALCANTE, I. - O Vilão Eucalipto Derruba Tabus. *Tecnologia Suplemento de Ciência Hoje*, Vol 19 nº 112, SBPC - São Paulo. p.5-10, 1995.

CHAMBERLAIN, A. C., 1959. Transport of iodine-131 in Northern England in October 1957. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 85, 350.

CHAMBERLAIN, A. C., 1967. Cross-pollination between fields of sugar beet. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 93, 509-515.

- CHAMBERLAIN, A. C., e R. C. CHADWICK, 1966. Transport of iodine from atmosphere to ground. *Tellus*, 18, 226.
- CHEVAP/COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO VALE DO PARAÍBA - Aproveitamento Hidrelétrico do Funil; Barragem Auxiliar de Nhangapi e Desvio do Ribeirão Itatiaia. Rio de Janeiro, 1964.
- CIDE, Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro. Anuário Estatístico do Rio de Janeiro, 1994.
- CLARK, M.J. e G.A.M. WEBB (1980). “A Model to Assess Exposure from Releases of Radioactivity into the Seas of Northern Europe”, in: *Impacts of Radionuclide Releases into the Marine Environment*, Proc. I.A.E.A. Symp., Vienna.
- DANTAS, M.E. & COELHO NETTO, A.L. - Impacto do Ciclo Cafeeiro na Evolução da Paisagem Geomorfológica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. *Rev. Bras. de Geografia* (no prelo), 1995.
- DAVIS, S. N. - Porosity and Permeability of Natural Materials Inflow through Porous Media, De Wiest, Academic Press, p. 53-89, 1969.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 1992, Normais climatológicas do Estado do Rio de Janeiro - 1961-1990: Estação de Resende. Dep. Nac. de Met., Brasília.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL DNPM - Projeto RADAM BRASIL, Folha SF 23/24 - Rio de Janeiro/Vitória (Geomorfologia/Pedologia). Rio de Janeiro, 1983.
- DISTRITO INDUSTRIAL DE RESENDE – Um Salto para o Futuro
- DOMINGUES, A.J.P. - Maciço do Itatiaia. *Revista Brasileira de Geografia*. 14 (4) : 463-471, 1952.
- EMATER - Levantamento Sócio-Econômico. Rio - P. M. Itatiaia, 1996.
- EMATER - Perfil Estatístico da Agropecuária Fluminense. NIDOC, 1988 (n.p).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Estudo Expedido dos Solos do Estado do Rio de Janeiro para Fins de Classificação, Correlação e Legenda Preliminar. *Boletim Técnico* 62. Rio de Janeiro, 208p, 1980.

EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS - Complexo Industrial de Resende - Relatório do Local, v.1,197p, 1977.

ESTEVES, F.A. - Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro. Editora Interciência/FINEP. 575p, 1988.

EVANS, S. (1985). “A Box Model for Calculation of Collective Dose Commitment from Radioactive Waterborne Reales to the Baltic Sea”, Journal of Environmental Radioactivity.

AS FAZENDAS DO VALE PARAÍBA. Nova Fronteira. Edição Limitada, 1988.

FDE - O Vale Paulista do Paraíba – Passado e Presente, 1994.

FEDAPAM - Relatório Mantiqueira . São Paulo. 54p, 1991.

FEEMA - Estudo Preliminar do Reservatório do Funil. Rio de Janeiro. 132p, 1979.

FEEMA - Estudo da Bacia do Rio Paraíba do Sul (Trecho Funil - Santa Cecília - Guandu). Cadernos FEEMA - Série Técnica 9/79, 1979.

FEEMA - Projeto Biodeteccção de Tóxicos em Sistemas Fluviais de Utilização em Captação de Água para Sistemas Públicos de Abastecimento. Série Congressos 17/83. DEPEA. 38p, 1983.

FEEMA - Levantamento da Flora do Estado do Rio de Janeiro. Pesquisas no Herbário da FEEMA (Publicação própria),1985.

FEEMA - Conservação da Flora no Trecho Fluminense da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Relatório Final, 1985.

FEEMA - Reservatórios e Lagos do Estado do Rio de Janeiro. Departamento de Planejamento Ambiental. Rio de Janeiro. 148p, 1988.

FEEMA - Perfil Ambiental do Município de Resende/Itatiaia. Rio de Janeiro. 81p, 1990.

FERNANDES, H.R.S.M. (1991). “Abordagem Geoquímica no Estudo da Poluição por Metais Pesados nos Sistemas Fluvial e Lagunar da Baixada de Jacarepaguá - RJ”, Tese de Mestrado, Universidade Federal Fluminense.

FERNANDES, V.O. 1993. Estudos limnológicos na Lagoa de Jacarepaguá (RJ): variáveis abióticas e mudanças na estrutura e dinâmica da comunidade perifítica em *Typha dominguensis* PERS. Dissertação de mestrado. UFSCar. 132p.

FERRI, M.G. - Vegetação Brasileira. Editora Itatiaia/EDUSP. p.1-21, 1980.

FIBGE - Censo Agropecuário, 1985.

FIBGE - Censo Demográfico, 1970, 1980, 1991.

FIBGE - Perfil Municipal do Rio de Janeiro, 1991 (Para consulta, não publicado).

FIDERJ - Indicadores Climáticos do Estado do Rio de Janeiro, 1978.

FINKELSTEIN, A. - Levantamento de Hidrologia Subterrânea para a Fábrica de Elementos Combustíveis - FEC, Cia. T. Janer, 153p, 1980.

FLAMARION, C. - Entradas e Bandeiras – O Ciclo do Ouro, 1979.

FONTANEZI, J.P. - 1ª Relação da Fauna e Flora de Ocorrência no Complexo Industrial de Resende. INB, 1996.

FRANCHITTO, I.C. - Contribuição a Tectônica da Região Leste do Estado de São Paulo e Adjacências Interpretada por Imagens LANDSAT (TM e MSS) e (SLAR). Public. INPE, 4458 - TDL/316; 146p, 1987.

FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO - O Passado ao Vivo. São Paulo, 1988.

GOUVÊA, E. - Lista de Espécies de Aves com Ocorrência na Área da Nuclebrás em Engenheiro Passos, 1996.

GUERRA, A.T. - Dicionário Geológico-Geomorfológico. Publ. 21, IBGE. Rio de Janeiro. 439p, 1972.

HABERLEHNER, H. - Análise Sismo-tectônica do Brasil. Notas Explicativas Sobre o Mapa Sismotectônico do Brasil e Regiões Correlacionadas. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 2, São Paulo. Anais. São Paulo, ABGE, Vol. 1, p.297-329, 1978.

HASUI, Y. - Quadro Geotectônico e Estrutural da Sismicidade Natural. In: Simpósio sobre Sismicidade Natural e Induzida, São Paulo. Atas. São Paulo, ABGE, p.9-13, 1979.

HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; BISTRICHI, C.A.; STERN, P.P.; GALVÃO, C.A.C.F.; GIMENEZ, A.F.; ALMEIDA, M.A.; PIRES NETO, A.G.; MELO, M.S.; SANTOS, M.C.S.R. - Geologia da Região Administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo, IPT (Publicação IPT n<sup>o</sup> 1106), 1978.

- HASUI, Y.& PONÇANO, W.L. - Geossuturas e Sismicidade no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 2, São Paulo. Anais. São Paulo, ABGE, p.331-338, 1978.
- HASUI, Y; ALMEIDA, F.F.M.; MIOTO, J.A.; MELO, M.S. - Geologia, Tectônica, Geomorfologia e Gismologia Regionais de Interesse às Usinas Nucleares da Praia de Itaorna. São Paulo, DGMA. 149p. (IPT. Monografias, 6), 1982.
- HIDROSEVICE. Estudos hidro-metalúrgicos para análise de segurança da 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> fase da FEC. Relatório de Estudos de Projeto (REP N<sup>o</sup> 03/80), São Paulo, 41 p. ,1980.
- HOBBS, W. H. - Lineaments of the Atlantic Border Region. Geologic Society of América Bulletin, 15 : 483 - 506, 1904.
- INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1966. “Safety in Decommissioning of Research Reactors”, Safety Series N<sup>o</sup> 74.
- INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1980. Atmospheric Dispersion in Nuclear Power Plant Siting. Safety Series, N<sup>o</sup> 50-SG-S3, Viena.
- INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1982. “Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Releases”, Safety Series n<sup>o</sup> 57.
- INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1986. “Methodology and Technology of Decommissioning Nuclear Facilities” - TRS N<sup>o</sup> 267.
- INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1990. “The Regulatory process for the Decommissioning of Nuclear Facilities”, Safety Series N<sup>o</sup> 105.
- INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1992. “Decommissioning of Nuclear Facilities” , Safety Series n<sup>o</sup> 111-S-6.
- INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1993. “Planning an Management for the Decommissioning of Research Reactors and Other Small Nuclear Facilities” - TRS N<sup>o</sup> 351.
- INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, julho 1993. “National Policies and Regulations for Decommissioning Nuclear Facilities”.
- INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, agosto 1993. “Decontamination and Decommissioning Nuclear Facilities”, TECDOC 716.

- INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1996.  
“Decommissioning of Nuclear Plants and Large Research Reactor”,  
G 6.1.
- IBAMA - Plano de Ação Emergencial para o Parque Nacional de Itatiaia.  
Ministério do Meio Ambiente e Amazônia Legal, 1994.
- IBGE - Estudo do Relevo, Hidrografia, Clima e Vegetação das Regiões-  
Programa do Estado do Rio de Janeiro. Boletim Geográfico Rio de  
Janeiro, 34 (jan/mar)(248) : 5-73, 1976.
- IBGE - Mapa da Vegetação do Brasil, 1993.
- IEF - Mapa da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Rio de Janeiro, 1993.
- INMET - Normais Climatológicas (1961-1990), 1992.
- IPT/INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - Estudos  
Geológico-tectônicos da Bacia de Resende (RJ) e Sedimentos  
Terciários de Volta Redonda (RJ) e Bacia de Taubaté (área de  
Cruzeiro-SP). Relatório 17.737, São Paulo, 124p, 1983.
- IPT/INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - Atualização do  
conhecimento sísmológico de interesse às centrais nucleares da praia  
de Itaorna, Angra dos Reis (RJ), 1991.
- LAUAR, C.R.M. - Paleomagnetismo e Correlações com Idades  
Radiométricas: Alguns Exemplos. Seminário apresentado ao  
Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo,  
29p, 1988.
- LONG, R.G. - O Vale do Médio Paraíba. Revista Brasileira de Geografia.  
15 (3) : 385-476, 1953.
- LITERATHY, P. et al (1987). “The Role and Problems of Monitoring  
Bottom Sediment for Pollution Assessment in the Coastal Marine  
Environmental”, Water Science Technology, vol. 19.
- LIU, C.C. - Análise Estrutural de Lineamentos em Imagens de  
Sensoriamento Remoto: Aplicação no Estado do Rio de Janeiro.  
Tese de Doutorado - Instituto de Geociências da Universidade de  
São Paulo. São Paulo. 1984.
- MACHADO, R. & DEMANGE, M. - Classificação Estrutural e Tectônica  
dos Granitóides Neoproterozóicos do Cinturão Paraíba do Sul no  
Estado do Rio de Janeiro. Bol. IG-USP. Série Científica. 25:81-96,  
1994.
- MANÉ, M.A. (1992). “Técnica de Medição de Radônio por Eletretos;  
Observação de Anomalias de Superfície”, Instituto Astronômico e  
Geofísico, Universidade de São Paulo.

MARGALEF, R. - Limnología. Barcelona, Ed. Omega. 1010p, 1983.

MASSMIDIA - Resende, Região das Agulhas Negras, 1995.

MEIS DE, M. R. M.; A. L. C. NETTO; P. T. T. M. Oliveira, 1982. Ritmo e variabilidade das precipitações no Vale do Rio Paraíba do Sul: o caso de Resende. R. Hidrol. Rec. Hídricos, 3(1):1-102, jan/jun., 1982.

MEIS, M. R. M.; COELHO NETTO, A. L. & OLIVEIRA, P. T. T. - Ritmo e Variabilidade das Precipitações no Vale do rio Paraíba do Sul: o Caso de Resende. Rev. Bras. de Hidrologia e Rec. Hídricos. Vol. 3, (1): 43-56, 1981.

MELO, M.S. - Estruturas da Área da Bacia de Resende (RJ) e os Modelos Tectônicos Regionais. In: Simpósio Regional de Geologia, 5, São Paulo. Anais. São Paulo, SBG/SP, Vol..1, p.323-336, 1985.

MELO, M.S. Geologiae du Basin de Resende et contribution a l'eislution du systeme de sift du SE du Brésil - Tese de Doutorado - Marseille, França, Universite D'Aisc. 1984.

MELO, M.S.; RICCOMINI, C.; ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. - Sedimentação e Tectônica da Bacia de Resende - RJ. An. Acad. Bras. Ciências. 57:467-479, 1985.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - Projeto RADAMBRASIL, Folhas SF.23/24 - Volume 32 / Rio - Vitória, 1983.

MIOTO, J.V. & HASUI, Y. - Aspectos da Estabilidade Sismo-tectônica do Sudeste Brasileiro de Interesse à Geologia de Engenharia. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 32, Salvador. Anais. Salvador. SBG. Vol..4. p.1652-1659, 1982.

MODELESI, M.C. - A Erosão Laminar em Pastagens do Médio Vale do Paraíba - SP. Simpósio Geol. Sudeste, 2. São Paulo., Anais. São Paulo. SBG. V.1. p 9-120, 1991.

MONTEIRO, C.A.F. - A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil. Instituto Geográfico USP, Série Teses e Monografias: 68 pp, 1969.

MOURA, J.R.S. & MEIS, M.R.M. - Contribuição à Estratigrafia do Quaternário Superior no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. Bananal, SP. An. Acad. Bras. Ciências. 58(1):89-102, 1986.

MOURA, J.R.S. & MELLO, C.L. - Classificação aloestratigráfica do Quaternário superior na região de Bananal (SP/RJ). Rev. Bras. Geoc., 21(3):236-254, 1991.



- NICOLLI, D., 1979. Transporte atmosférico e deposição de contaminantes particulados de interesse da indústria nuclear e da agricultura. Anais do I Cong. Brasileiro de Agrometeorologia, Mossoró, RN, julho de 1979.
- O PARAÍBA DO SUL – Agonia de um Rio. Folha de São Paulo, Maio 1993.
- O’LEARY, D.W.; FRIEDMAN, J.D.; POHN, H.A. Lineament, linear, Lineation: Some Proposed New Standarts for Old Terms. Geological Society of American Bulletin, 87: 1463 - 1469, 1976.
- OSBUM, W.S. (1965). “Primordial Radionuclides their Distribution, Movement and Possible Effect within Terrestrial Ecosystems”, Health Physics, vol. II.
- PARANHOS, R. 1995. Alguns métodos para análise da água. Rio de Janeiro. Cadernos didáticos, 19.UFRJ. 200p.
- PASQUILL, F., 1974. Atmospheric diffusion. John Willey & Sons, New York, 1974.
- PENALVA, F. - Geologia e Tectônica da Região do Itatiaia, Sudeste do Brasil. Bol. Fac. Filos. Ciênc. Letr. USP. 302:95-196, 1967.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE AREIAS. Areias – 280 anos de felicidade, 1996.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE AREIAS. Histórico do Município, 1995.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE QUELUZ. Histórico do Município, 1994.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE RESENDE. Boletim Informativo, 1995.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE RESENDE. Perfil de Resende e sua Região, Agosto 1995.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO BARREIRO. Informações Gerais, 1996.
- QUINTIERE, L. - O Vale do Paraíba tem sua História. Boletim Geográfico. 73 (abril): 62-66, 1949.
- RELATÓRIO PERIÓDICO DA NUCLEBRAS, 1990 - Dados Meteorológicos de 1986 e 1987. DIMOA.CN/SUCIR.
- RESENDE, Diniz A. O. et al; “The Decommissioning of the Santo Amaro Monazite Processing Plant”, American Nuclear Society Winter Meeting, November 1996.

- RICCOMINI, C.; NEUMANN, R.; MATOS, S.L.F. - Convergent Strike-slip Faulting in a Passive Continental Margin, Southeastern Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 28. Abstracts. Washington, International Union of Geological Sciences, 1989.
- RICCOMINI, C. - O Rift Continental do Sudeste do Brasil. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo. 256p, 1989.
- RIZZINI, C.T., COIMBRA FILHO, A.F. & HOWAISS, A. - Ecossistemas Brasileiros, Enge-Rio. Editora Index, 1988.
- ROCHEDO, E.R.R. "Notas de Aula do Curso de Avaliação de Impacto Radiológico Ambiental", Instituto de Radioproteção e Dosimetria.
- RODHE, H., e J. GRANDILL, 1972. On the removal time of aerosol particles from the atmosphere by precipitation scavenging. Tellus, 24, 442.
- RODRIGUES, J.E. - Aplicação de Sensoriamento Remoto no Mapeamento Fotogeológico da Região do Complexo Alcalino do Itatiaia. Tese de Mestrado. INPE (2220 - TDL/062). 122p, 1981.
- RSA Publications, 1995. "Review of Radiation Risks and Uranium Toxicity With Applications to Decisions Associated with Decommissioning Clean-Up Criteria", G 6.1.
- SABINS J.R., F.F. Remote sensing, principals and interpretation. San Francisco, CA, W.H. Freeman, 426 p., 1978.
- SADOWSKI, G.R. - A Megafalha de Cubatão no Sudeste Brasileiro. Bol. IG-USP, Série Científica, 22:15-28, 1991.
- SADOWSKI, G.R.; CSORDAS, S.M.; KANJI, M.A. - Sismicidade da Plataforma Brasileira. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife. Anais. Recife, SBG, v.5, p.2347-2361, 1978.
- SAIEG-FILHO, E. 1986. Ecologia do fitoplâncton marginal nas lagoas de Jacarepaguá, Rio de Janeiro. UERJ. Bacharelado. 141p.
- SALVADOR, E.D. - Análise Neotectônica da Região do Vale do Rio Paraíba do Sul compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ). Tese de Mestrado (Exame de Qualificação) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo. 120p, 1994.
- SANTOS, M.C. - Climoseqüência de Solos de Rochas Cristalinas Ácidas na Serra do Mar (RJ). Tese de Mestrado - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 150p, 1979.

- SCHAFER, A. 1985. Fundamento de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais. Porto Alegre. Ed. da Universidade. 532p.
- SEADE, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. São Paulo. Internet.
- SEGADAS-VIANA, F. & Dau, L. - Ecology of the Itatiaia Range, Southeastern, Brazil. II - Climates and Altitudinal Climatic Zonation. Arquivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro. Vol. III: 31-52, 1965.
- 1º SEMINÁRIO INTERMUNICIPAL MICRO-REGIONAL Itatiaia-RJ. Julho 1996.
- SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS - Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal. Boletim 11. Rio de Janeiro. 350p, 1958.
- SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS - Levantamento de Reconhecimento dos Solos da Região sob Influência do Reservatório de Furnas. Boletim 13. Rio de Janeiro. 462p, 1962.
- SICK, H. 1988. Ornitologia Brasileira, Uma Introdução. 3ª edição, Brasília. Editora UnB, Vols. I e II.
- SLADE, D. H. , (ed), 1968. Meteorology and Atomic Energy. USAEC, Oak Ridge, Tenn, tid-24190.
- STEIN, S.J. - Grandeza e Decadência do Café no Vale do Paraíba. Ed. Brasiliense, 361p, 1961.
- SYKES, L.R. - Interplate Seismicity, Reactivation of Preexisting Zones of Weakness, Alkaline Magmatism, and other Tectonism pos dating Continental Fragmentation. Reviews of Geophysics and Space Physics, 16(4):621-688, 1978.
- TRIBUNA DOS MUNICÍPIOS – n.º 158 – 24 de Julho de 1996.
- TURISRIO. Região de Itatiaia, 1995.
- TURNER, D. B., 1974. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. EPA, Air Programs Publication N<sup>o</sup> AP-26, Research Triangle Park, North Carolina, USA.
- UNB - UNIVERIDADE DE BRASÍLIA. Relatório n<sup>o</sup> 13 / Abril de 1979, sobre Sismicidade e Risco Sísmico do Estado de São Paulo. 11p., 4 mapas, 1979.

U. S. REGULATORY COMMISSION, 1975. Reactor Safety Study, an Assessment of Accident Risks in U. S Commercial Nuclear Power Plants. WASH-1400 (Nureg-75/014).

USNRC/UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION - Identifications of Issues Pertaining to Seismic and Geology Siting Regulation, Policy and Practice for Nuclear Power Plants. Commission Paper SECY - 79-300. Washington, 1979.

VALERIANO, C. M. & HEILBRON, M. - A Zona de Transtensão de Volta Redonda e Sua Importância na Junção Entre os Reftes do Vale do Paraíba e o da Guanabara. In : Simpósio de Geologia do Sudeste, Rio de Janeiro. Anais : Rio de Janeiro, SBG, V.1, p. 9 - 5, 1993.

VELOSO, H.P.; FÍLHO, A.L.R.R. & LIMA, J.C.A. - Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal. IBGE - Rio de Janeiro. 124p, 1991.

**FIGURAS**

Figura 1.1 Pastilhas de UO <sub>2</sub> Enriquecido	2
Figura 1.2 Ciclo do Combustível Nuclear	3
Figura 4.1 Processo de Produção de Pó de UO <sub>2</sub>	11
Figura 4.2 Processo de Produção de Pastilhas de UO <sub>2</sub>	13
Figura 7.1 Diagrama Geral de Rejeitos	22
Figura 13.1 Vias de Exposição Peixes-Homem	56
Figura 14.1 Pontos de Monitoramento	62
Figura 15.1 Pontos de Monitoramento – Programa de Gestão	75

**MAPAS**

Carta Imagem: MAP-000-04-001	6
Planta de Situação do CIR e Arranjo Básico: AB-000-02-001	7
Lay-Out Geral da FEC II: AB-000-02-002	15
Geologia: MAP-000-04-002	31
Uso e Cobertura dos Solos: MAP-000-04-003	33
Geomorfologia e Solos: MAP-000-04-004	34
Aptidão Agrícola: MAP-000-04-005	35
Síntese de Diagnóstico: MAP-000-04-006	36
Concentrações Médias Anuais (1:50.000) - Pior Cenário: MAP-000-04-007	49
Concentrações Médias Anuais (1:5.000) - Pior Cenário: MAP-000-04-008	50
Deposição Total Anual (1:50.000) - Pior Cenário: MAP-000-04-009	51
Deposição Total Anual (1:5.000) - Pior Cenário: MAP-000-04-010	52
Concentrações Médias Anuais (1:50.000) – Cenário Normal: MAP-000-04-011	53
Deposição Total Anual (1:50.000) - Cenário Normal: MAP-000-04-012	54
Programa de Gestão Ambiental: AB-000-02-003	65