

# **PLANEJAMENTO DE RADIOPROTEÇÃO NO DESCOMISSIONAMENTO DA PLANTA PILOTO DE PROCESSAMENTO DE URÂNIO PARA FABRICAÇÃO DE ELEMENTO COMBUSTÍVEL**

**Francisco M. Feijó Vasques, Demerval L. Rodrigues, Eduardo C. Monteiro, Paulo A.  
Mestre and Robson de Jesus Ferreira**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)  
Av. Professor Lineu Prestes 2242  
05508-000 São Paulo, SP  
fvasques@ipen.br

## **RESUMO**

Após 25 anos de atividades, processando óxidos de urânio para a fabricação de elementos combustíveis, foi decidido o descomissionamento e a descontaminação da planta de processamento de urânio, e a utilização deste espaço para outros fins que não o manuseio de material radioativo. Esta decisão foi baseada em mudanças estratégicas, e de racionalização na linha de processamento de urânio. Baseado nas normas nacionais, especialmente a Norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear, - CNEN-NE-3.01 – Diretrizes Básicas de Radioproteção e em recomendações internacionais para o descomissionamento de instalações nucleares, foi realizado, em meados de 2003, o planejamento e preparação dos trabalhos de descomissionamento da instalação nuclear em questão. Para isso foi elaborado um roteiro de trabalho e criado um grupo-tarefa constituído tanto por operadores como a equipe local de radioproteção, para em conjunto, atuarem no descomissionamento da instalação. Estão previstas operações de desmontagem, descontaminação, monitoração e triagem de estruturas industriais, equipamentos, paredes, divisórias, e pisos da instalação. Para estarem de acordo com as diretrizes de radioproteção, assim como garantir um nível adequado e otimizado de controle da exposição dos trabalhadores à radiação, foram elaborados procedimentos de radioproteção para essas operações. Apresentamos neste trabalho, os preparativos preliminares, métodos e equipamentos a serem utilizados, e os levantamentos radiométricos dos níveis de radiação e dos níveis de contaminação da planta piloto.

## **1. INTRODUÇÃO**

Para uma instalação nuclear, descomissionamento é a fase final de seu ciclo de vida útil, desde o estudo de localização, projeto, construção, comissionamento e operação. Após 25 anos processando óxidos de urânio para a fabricação de elemento combustível, mudanças estratégicas e de racionalização na linha de processamento de urânio, conduziram ao descomissionamento desta planta, e a utilização do prédio para outras finalidades. Pela norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN [1], descomissionamento é definido como “ações técnicas e administrativas tomadas para encerrar o controle regulatório da instalação”. Do ponto de vista de radioproteção, o descomissionamento é uma fase tão importante quanto às outras que a precederam, desde o projeto, durante a vida útil da instalação. A própria norma internacional de proteção contra radiação ionizante [2] em suas obrigações

fundamentais , estabelece que nenhuma fonte associada à uma prática, deverá ser transferida, fechada, ou desmontada, a não ser que esteja em conformidade com os requisitos prescritos pela mesma. Pelo fato de a indústria nuclear ser ainda relativamente jovem com relação às outras, a experiência acumulada no descomissionamento destas instalações é ainda inferior quando comparada às fases de projeto, construção e operação.

O processo de descomissionamento de uma instalação nuclear envolve basicamente três fases a saber [3]:

Fase I – Encerramento das atividades da instalação com um mínimo de remoção de material radioativo, porém com uma contínua vigilância e monitoração;

Fase II – Liberação das áreas restritas;

Fase III – Remoção completa do material radioativo, de modo a que a instalação e a sua área sejam liberadas para outros usos sem qualquer tipo de restrição.

Vale observar de que estas três fases podem fazer parte tanto de um processo contínuo quanto de um processo, até mesmo, intermitente.

As operações de desmontagem devem ser realizadas de acordo com as normas de radioproteção e as recomendações apropriadas para o planejamento e a execução segura das atividades de desmontagem. O objetivo é que as atividades de desmontagem sejam feitas de maneira segura e com a proteção radiológica dos trabalhadores, indivíduos do público e do meio ambiente.

Um plano de descomissionamento, deve levar em consideração basicamente os seguintes itens [3, 4]:

- Descrição da Instalação
- Inventário do material radioativo e não radioativo
- Planejamento e estratégia da desmontagem e descomissionamento
- Descrição das técnicas, ferramentas e procedimentos
- Organização
- Custos envolvidos
- Cronograma
- Atividades de Desmantelamento
- Atividades de Descontaminação
- Rejeitos Radioativos
- Programa de Qualidade
- Sistemas de Segurança e Equipamento
- Segurança dos Trabalhadores
- Segurança do Público
- Programa de Radioproteção
- Relatório Final

## **2. METODOLOGIA**

Baseado na norma da CNEN [5], e em recomendações internacionais para o descomissionamento de instalações nucleares, em meados de 2003, partiu-se para o planejamento e preparação dos trabalhos de descomissionamento da planta de processamento de urânio. Para isso foi elaborado um roteiro de trabalho e criado um grupo-tarefa constituído

por operadores, e pela equipe de radioproteção, para em conjunto, atuarem no descomissionamento da instalação. Estão previstas operações de desmontagem, descontaminação, monitoração e triagem de estruturas industriais, equipamentos, paredes, divisórias, e pisos da instalação. Para estarem de acordo com as diretrizes de radioproteção, assim como garantir um nível adequado e otimizado de controle da exposição dos trabalhadores à radiação, foram elaborados procedimentos de radioproteção para essas operações. Apresentamos neste trabalho, os preparativos preliminares, métodos e equipamentos a serem utilizados, e os levantamentos radiométricos dos níveis de radiação e dos níveis de contaminação da planta piloto. Neste trabalho nos ateremos ao planejamento do descomissionamento e descontaminação da instalação, exclusivamente do ponto de vista de proteção radiológica.

### 3. RESULTADOS DE MONITORAÇÕES

Apresentamos a seguir os resultados das monitorações iniciais, tanto do local de trabalho, para os níveis de radiação e de contaminação superficial, quanto a monitoração individual inicial dos trabalhadores envolvidos no processo de desmontagem, triagem e descontaminação, grupo este que nunca havia trabalhado com urânio.

**Tabela 1. Monitoração do Local de Trabalho da Planta Piloto de Processamento de Urânio para a Fabricação de Elementos Combustíveis**

LOCAL	Níveis de Radiação ( $\mu\text{Sv.h}^{-1}$ )	Níveis de Contaminação ( $\text{Bq.cm}^{-2}$ )
Entrada de Acesso	0,22	0,19
Corredor	0,22	0,26
Retífica	0,25	0,31
Forno de Calcinação (entrada)	1,00	1,86
Forno de Calcinação (saída)	0,22	2,75
Forno de Sinterização	0,35	0,29
Sala da Prensa	0,50	0,18
Painel Elétrico	0,22	0,66
Forno de Redução I	0,50	0,74
Forno de Redução II	0,50	0,10
Saída de Serviço	0,40	0,21

**Obs.** Limite de Dose para Indivíduos do Público: 1 mSv/ano – Área Livre

**Tabela 2. Monitoração Interna Inicial dos Trabalhadores que Participarão das Operações de Descomissionamento da Planta Piloto de Urânio para a Fabricação de Elementos Combustíveis**

Operadores	Concentração de Atividade Medida (mBq.L <sup>-1</sup> )		
	<sup>234</sup> U	<sup>235</sup> U	<sup>238</sup> U
A	84,17±6,49	8,49±1,38	84,47±6,64
B	25,56±1,63	1,60±0,37	26,22±1,67
C	58,46±3,03	2,86±0,47	57,05±2,984
D	40,00±2,47	1,81±0,53	34,79±2,30
E	98,66±5,79	4,63±0,77	97,72±5,75
F	44,36±2,63	2,76±0,48	43,95±2,62
G	33,67±2,67	2,54±0,60	30,60±2,50
H	10,68±1,04	<0,72	9,64±1,00

#### 4. PLANEJAMENTO PARA FUTURAS MONITORAÇÕES

As monitorações apresentadas, foram realizadas antes do início das operações propriamente ditas. Estão previstos levantamentos radiométricos envolvendo a monitoração dos níveis de radiação e dos níveis de contaminação do local, assim como a monitoração da contaminação interna por meio de análise *in vitro* dos trabalhadores. Estas tarefas serão conduzidas durante e após os trabalhos de desmontagem, triagem e descontaminação, de modo a se ter um acompanhamento da situação radiométrica do local, bem como dos trabalhadores envolvidos. Os trabalhadores receberão um treinamento específico em descontaminação e radioproteção para a execução dos serviços, e serão incluídos num programa de monitoração individual. A monitoração individual dos níveis de radiação será realizada com dosímetros termoluminescentes, TLD, de corpo inteiro.

#### 5. OPERAÇÕES DE DESMONTAGEM, TRIAGEM E DESCONTAMINAÇÃO

##### 5.1. Equipamentos de Proteção Individual

As equipes encarregadas da execução dos serviços e da monitoração e triagem dos materiais deverão, do ponto de vista de radioproteção, usar os seguintes equipamentos de proteção individual, EPIs:

- a-Bota de borracha
- b-Macacão de tecido
- c-Macacão de proteção, de *falso-tecido*
- d-Luvas de cano curto
- e-Luvas de látex
- f-Touca
- g-Máscaras do tipo cirúrgicas
- h-Máscaras semi-faciais com filtro combinado para partículas e gases

## **5.2. Ponto de Controle de Radioproteção**

Será estabelecido um ponto de controle de radioproteção, para a entrada e saída dos trabalhadores na instalação. Toda entrada e saída de pessoal para o serviço deverá ser feita obrigatoriamente por esse local. Será ainda usado um vestiário para a troca de roupas e colocação dos EPIs. Os trabalhadores deverão retirar suas roupas pessoais e deixá-las no vestiário, onde a seguir colocarão a roupa de trabalho e os EPIs indicados, antes de entrarem nas áreas ativas do setor. Após o serviço deverão da mesma forma deixar a roupa de trabalho e os EPIs no local designado no interior da instalação, quando serão monitorados quanto aos níveis de contaminação por um monitor instalado no local.

## **5.3. Operações e Geração de Rejeitos e Efluentes**

Os trabalhos de desmontagem, descontaminação e triagem das estruturas e equipamentos do setor serão executados de acordo com a direção e orientação dos operadores, cabendo à equipe de radioproteção a orientação e acompanhamento exclusivamente do ponto de radioproteção. Haverá também a interação com outros grupos, envolvidos no processo de descomissionamento, como pessoal das áreas de rejeitos radioativos, segurança do trabalho, e pessoal de serviços de infra-estrutura.

Os serviços em questão serão ainda executados de forma a se ter sempre um rigoroso controle da contaminação. A medida em que os equipamentos forem desmontados e cortados estas partes serão monitoradas e após uma cuidadosa triagem, serão separadas as contaminadas das não contaminadas, adotando-se como critério de liberação os limites de contaminação superficial adotados pela Norma da CNEN [5].

As peças e equipamentos em uso poderão ser descontaminados, uma vez feita a análise custo-benefício. Todo o rejeito gerado nestes processos de desmontagem e descontaminação será colocado dentro de tambores de aço ou sacos de papelão/plástico apropriados para serem enviados ao setor de rejeitos, enquanto que o material não contaminado será descartado como entulho e lixo comum. A geração de efluentes radioativos será minimizada. Todos os efluentes serão analisados e classificados de acordo com a Norma CNEN de gerenciamento de rejeitos radioativos [6]. Os efluentes que se encontram abaixo do limite de liberação para o meio ambiente serão descartados no esgoto, e os outros coletados como rejeitos radioativos.

## **6. CONCLUSÕES**

Foram realizados todos os procedimentos iniciais de proteção radiológica, assim como a preparação da infra-estrutura necessária para os trabalhos de desmontagem, monitoração e triagem de equipamentos e estruturas do local, para o descomissionamento da instalação. Durante o desenvolvimento das operações, serão realizadas monitorações das áreas para os níveis de radiação e os níveis de contaminação de superfície. As monitorações individuais serão realizadas por dosímetros TLD quanto aos níveis de dose externa, e realizadas por análise de urânio *in vitro*, em urina, para avaliação da dose interna. A liberação do local onde se encontra a instalação ocorrerá na etapa final do descomissionamento após os requisitos da CNEN, do ponto de vista de radioproteção, serem atendidos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à inestimável colaboração do Dr. Arnaldo H. Paes de Andrade, do Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, que tornou possível este trabalho, bem como à do Dr. Alberto Saburo Todo, do Centro de Metrologia das Radiações do mesmo instituto, pela sua orientação, incentivo e colaboração.

## REFERÊNCIAS

1. Comissão Nacional de Energia Nuclear, Norma CNEN N.N. 3.01 – *Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica*, (2005)
2. International Atomic Energy Agency - *Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación - Colección Seguridad n.º. 115*, (1997)
3. International Atomic Energy Agency – *Decontamination of Nuclear Facilities: Decontamination, Disassembly and Waste Management – Technical Reports Series 230* (1983)
4. International Atomic Energy Agency – *The Regulatory Process for the Decommissioning of Nuclear Facilities – Safety Series 105* (1990)
5. Comissão Nacional de Energia Nuclear, Norma CNEN N.N. 3.01 – *Diretrizes Básicas de Radioproteção* (1988)
6. Comissão Nacional de Energia Nuclear, Norma CNEN N.E. 6.05 – *Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas* (1985).