

TRANSPORTE DOS ELEMENTOS COMBUSTÍVEIS QUEIMADOS NO REATOR DO IPEN PARA OS ESTADOS UNIDOS

José Rubens Maiorino e Roberto Frajndlich

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, CNEN/SP
Caixa Postal 11.049
05508-900, São Paulo, Brasil

RESUMO

O trabalho descreve a operação de transporte de 127 elementos combustíveis de origem americana para os Estados Unidos, queimados no reator IEA-R1 do IPEN nos últimos 40 anos. Mostra todos os passos da operação, desde a documentação exigida por lei, como a descrição da operação em si desde os preparativos iniciais até o embarque no Porto de Santos.

Palavra chave : reator de pesquisa, elementos combustíveis, transporte

INTRODUÇÃO

No decorrer dos 42 anos de operação do reator IEA-R1 (desde 1957), 87 elementos combustíveis queimados no seu núcleo foram armazenados em cestos de aço inoxidável localizados a uma profundidade de 6 metros no interior de uma piscina enquanto, outros 40, foram armazenados à seco no interior de tubos de aço inoxidável envoltos em concreto no primeiro andar do prédio do reator

O transporte destes elementos para os Estados Unidos foi possível devido ao “Research Reactor Spent Nuclear Fuel Acceptance Program” cujo propósito principal é o retorno de elementos combustíveis queimados em reatores de pesquisa ou teste até 2006, desde que o urânio enriquecido utilizado na fabricação dos elementos, seja de origem americana. Os objetivos principais deste programa são: a) diminuir o número de elementos altamente enriquecidos em ^{235}U (> 20%) estocados ao redor do mundo e, com isto, reduzir a ameaça de proliferação de armamentos nucleares e b) permitir a continuidade de operação dos reatores que estão com seus locais de armazenamento no limite de sua capacidade.

Os primeiros países que enviaram os combustíveis queimados para os Estados Unidos foram: Suíça, Alemanha, Espanha, Itália, Canadá, Colômbia e Chile. Até o final de 2000, o programa espera receber elementos de países como Venezuela, Argentina, Japão, Indonésia, Tailândia, Grécia, Dinamarca e Coreia entre outros.

Após a assinatura do contrato realizado entre a CNEN e o Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) em 1996, a empresa norte americana Edlow International Company foi contratada para coordenar as

atividades relativas ao transporte dos elementos queimados do IEA-R1m até os EUA. Esta empresa subcontratou o consórcio formado pelas empresas alemãs Nuclear Cargo + Service GMBH (NCS) e Gesellschaft fur Nuklear-Service (GNS) proprietária dos cascos de transporte. No Brasil, a empresa Tecradion Comercial Ltda (TRION), foi subcontratada para cuidar da infraestrutura necessária ao carregamento, transporte e desembarque alfandegário.

A autorização para o transporte no Brasil envolveu vários Órgãos Oficiais como a Comissão Nacional de Energia Nuclear (RJ), responsável pela aprovação do Plano de Transporte e Proteção Física, validação dos embalados para uso no Brasil e autorização para o transporte; o Ministério de Relações Exteriores que concedeu a autorização para exportação dos elementos combustíveis; o Serviço de Salvaguardas e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis IBAMA que forneceu a licença operacional.

A operação de transferência dos 127 combustíveis para o interior dos 4 cascos e o serviço de monitoração e descontaminação do material utilizado na operação foram realizados, respectivamente, pelos operadores do reator IEA-R1 e técnicos do serviço de proteção radiológica lotados neste reator. /1/ /2/

DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO /3/ /4/

Antes do início do carregamento, 19 elementos combustíveis de controle foram cortados em cerca 1,27 cm de seu comprimento igualando ao comprimento dos elementos padrões, conforme exigido por Savannah River Site, local de destino dos combustíveis e devido a limitação de altura no embalado.

Os elementos armazenados à seco foram cortados no 1º andar do prédio do reator no dia 14/09/99 com o auxílio de uma serra elétrica convencional, normalmente utilizada para corte de perfis de alumínio. Os elementos armazenados dentro da piscina foram cortados entre os dias 15 e 16/09, a uma profundidade de cerca de 3 metros abaixo do nível da água, com o auxílio de uma serra especialmente projetada e construída para esta finalidade.

ESTRATÉGIA PARA O CORTE À SECO

Uma serra elétrica do tipo “vai e vem” foi colocada no primeiro andar do prédio do reator e forrada com plástico para prevenir a sua contaminação. Os elementos foram retirados das covas e, um a um colocados manualmente em uma blindagem de chumbo. Um segundo técnico cortava o plástico que envolvia o elemento. Em seguida, o elemento era posicionado na serra. Um gabarito feito previamente, permitiu controlar o comprimento do elemento a ser cortado.

ESTRATÉGIA PARA O CORTE NA PISCINA

A serra de corte encontra-se no interior de uma caixa de alumínio com tampa de acrílico fixa na extremidade inferior de uma treliça com 3,5 metros de comprimento. Nesta caixa posicionada a cerca de 2,5 metros abaixo do nível da superfície da piscina, além da serra circular, existe um dispositivo pneumático para fixação dos elementos a serem cortados e um conjunto de mangueiras acopladas a uma bomba de recirculação de água dotada de um filtro cunco para retenção das limalhas provenientes do corte. Na parte superior da treliça, localizam-se os mecanismos de acionamento e controle do equipamento. As partes cortadas que apresentavam taxa de dose abaixo de 200 $\mu\text{Sv/h}$ foram armazenados em tambores e, as que apresentavam valor acima, foram deixados no interior da piscina para posterior armazenamento à seco.

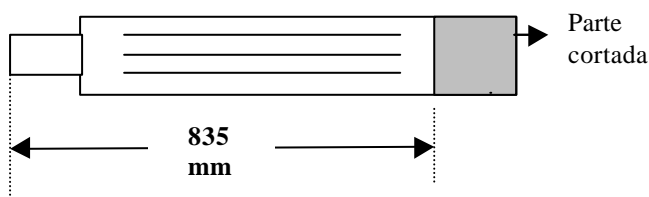


Figura 1. Comprimento do Elemento Combustível de Controle após o corte

ESTRATÉGIA DE CARREGAMENTO DOS COMBUSTÍVEIS LOCALIZADOS NA PISCINA

Na operação de transporte foram utilizados 4 embalados alemães sendo 2 do tipo GNS-11 e 2 GNS-16, um casco de transferência além de outros equipamentos necessários para realização desta operação. Os seis containers utilizados no transporte dos equipamentos foram colocados em área localizada em frente a oficina mecânica do IPEN-CNEN/SP e retirados dos caminhões

através de um guindaste com capacidade para 75 toneladas.

No dia 17/09 foram montados um conjunto de andaimes no primeiro andar do prédio do reator que possibilitou aos técnicos, o posicionamento e a transferência dos elementos combustíveis queimados do casco de transferência para o embalado de transporte. Neste mesmo dia foram colocadas placas de ferro na entrada e interior da antecâmara do 1º andar tendo em vista o acesso de cargas ao prédio do reator e, finalmente, foi aberto o alçapão de acesso ao piso do saguão da piscina do 3º andar.

A partir do dia 20/09, os equipamentos utilizados no carregamento dos elementos foram retirados dos containers, colocados em um caminhão e encaminhados para o prédio do reator. Com a ajuda de um guincho com capacidade para 25 T, os equipamentos foram colocados sobre uma plataforma de ferro assentada sobre dispositivos rolantes em frente a antecâmara de acesso ao prédio. Com a ajuda de uma empilhadeira, esta plataforma era movimentada para dentro do prédio do reator e posicionada embaixo do alçapão de acesso ao 3º andar. Os equipamentos, como casco de transferência, tampa primária, tampa giratória, tanque de água, placas matrizes, etc.. eram erguidos pelo gancho da ponte rolante do reator com capacidade para 10 T até o piso do 3º andar.

O embalado GNS11 foi, da mesma forma, transportado do container para o interior do prédio do reator aonde, através da plataforma móvel, foi posicionado sob o alçapão de acesso ao 3º andar.

Na operação seguinte, a tampa primária foi retirada do embalado e a tampa giratória foi posicionada sobre o mesmo. A seguir foram realizados os testes de carregamento a frio com um elemento sem urânio, como treinamento.

No dia 22, foi iniciado o carregamento dos embalados conforme o procedimento abaixo:

- um técnico dotado de uma corda de nylon com um gancho preso a uma das extremidades alça o elemento combustível dos cestos de armazenamento localizados a cerca de 6 metros de profundidade no interior da piscina;
- transfere o elemento para o interior de um tubo de PVC situado sobre uma plataforma de alumínio, a 2,0 metros de profundidade no interior da piscina do reator conforme a figura 2;
- o casco de transferência preso ao gancho da ponte rolante é posicionado sobre o elemento. Uma haste de içamento é baixada sobre o elemento. O técnico, com a ajuda de uma câmara de TV posicionada dentro da piscina, prende o elemento ao gancho da haste. Em seguida, o conjunto é erguido para o interior do casco e travado. Com um movimento giratório de 90º, uma blindagem de chumbo localizada na parte interna e inferior ao casco, é fechada para proteger as pessoas

próximas no momento da transferência do combustível para o embalado de transporte;

- d) com a ajuda da ponte rolante da instalação, o casco de transferência é conduzido para o 1º andar e posicionado sobre o embalado conforme a figura 3;
- e) uma vez posicionado, o técnico gira a blindagem de chumbo liberando a passagem do elemento. O conjunto haste + elemento é destravado e direcionado para o local previamente determinado no interior do embalado. Este movimento de colocação no embalado é monitorada por minicâmara posicionada no interior do embalado;

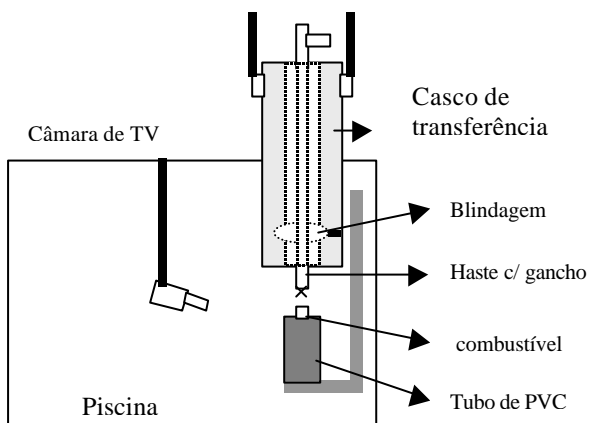


Figura 2. Içamento do Elemento Combustível

Estes procedimentos são repetidos até que todos os elementos combustíveis tenham sido alojados no interior do embalado de transporte. A seguir, posiciona-se um tanque com capacidade para 4 m³ de água sobre o embalado. O conjunto tanque + embalado são preenchidos com cerca de 4 000 litros de água bombeada de dois reservatórios dispostos ao lado do conjunto. A tampa giratória é removida e no seu lugar é colocada a tampa primária. A água do tanque é em seguida drenada para os reservatórios.

A água que permanece no interior do embalado é utilizada para se verificar a taxa de liberação de Césio (¹³⁷Cs) com o tempo. São retiradas 3 amostras de 1,5 litros cada, com coleta respectivamente, a zero, 4 e 12 horas após o fechamento do embalado. As amostras são encaminhadas para contagem em um detector de Ge e comparadas com o valor limite de liberação mostrado na Tabela 1. O embalado é drenado e passa por um segundo teste para verificação de sua estanqueidade após fechado.

TABELA 1. Taxa de Concentração de ¹³⁷Cs nos Embalados após 12 horas

Embalado	Amostra 1 Concentração dpm/ml	Amostra 2 Concentração dpm/ml	Amostra 3 Concentração dpm/ml
GNS11-1	1.24	1.86	3.96
GNS11-2	27.6	12.8	24.0
GNS16-1	1.48	14.0	24.6
GNS16-2*	233.8	875.1	743.3

Obs. Valor limite para o embalado GNS < 992 dpm/ml
* embalado carregado com os combustíveis armazenados à seco

TABELA 2. Teste de Estanqueidade dos Embalados

Embalado	Teste nº 1 HPa.l.s ⁻¹	Teste nº 2 Hpa.l.s ⁻¹	Teste nº 3 HPa.l.s ⁻¹
GNS11-1	9.1E-06	9.6E-06	1.9E-05
GNS11-2	2.1E-06	9.9E-06	3.2E-06
GNS16-1	8.4E-06	1.2E-07	-
GNS16-2	7.0E-07	1.9E-06	-

Valor limite para o embalado GNS11 < 1.0 E-04 HPa.l.s⁻¹
Valor limite para o embalado GNS16 < 2.0 E-05 HPa.l.s⁻¹

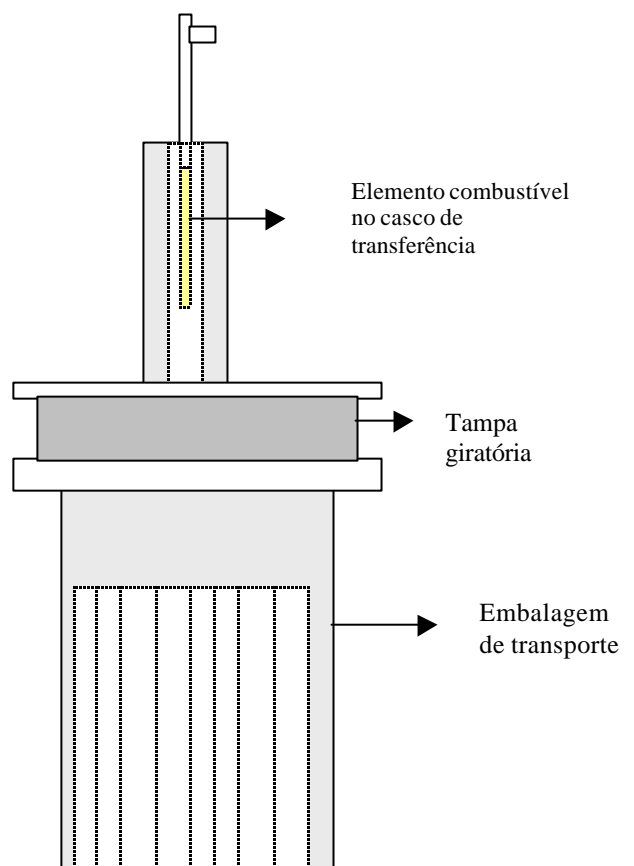


Figura 3. Casco de Transferência sobre o Embalado de Transporte

ESTRATÉGIA DE CARREGAMENTO DOS ELEMENTOS ARMAZENADOS À SECO

Os elementos combustíveis estocados à seco no 1º andar do prédio do reator foram carregados segundo os procedimentos abaixo:

- um técnico retira o elemento combustível do interior de um dos tubos de aço inoxidável pré-determinado e coloca-o em uma blindagem de chumbo móvel;
- um segundo técnico corta o plástico que envolve o elemento e prende-o através de um gancho ou dispositivo especial dependendo se tratar de elemento padrão ou elemento de controle;

- c) um terceiro técnico, posicionado no 3º andar, através de uma corda de nylon presa a este gancho ou dispositivo especial, ergue o elemento e o coloca no interior de um tanque com água montado sobre o embalado;
- d) um quarto técnico posicionado sobre o andaime, direciona o elemento para a posição previamente especificada no interior do embalado.

Uma vez carregados, fechados e testados, os embalados foram selados por técnicos da Agência Brasileira-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC) acompanhados por técnicos da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

TRANSPORTE DOS CASCOS PARA O PORTO DE SANTOS /5/

No dia 3/10, às 22:00 horas, quatro carretas com os embalados GNS11-001, GNS11-002, GNS16-001 e GNS16-002 contendo, respectivamente, 30, 32, 32 e 33 elementos combustíveis queimados no reator IEA-R1, deixaram o IPEN-CNEN/SP sob forte esquema de segurança conforme previsto no Plano de Proteção Física para esta operação. As carretas juntamente com os carros do IPEN-CNEN/SP, CNEN/RJ, IRD e órgãos de segurança formaram um comboio e seguiram os seguintes procedimentos:

Uma viatura da Companhia de Policiamento de Trânsito (CPTran) auxiliada por guardas da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) procediam o fechamento das vias por onde o comboio passava. A formação do comboio era a seguinte:

- Duas viaturas da Polícia Rodoviária Federal
- Uma viatura da Polícia Rodoviária Estadual
- Uma viatura da Polícia Federal (laterais ao comboio)
- Uma viatura do IPEN-CNEN/SP (coordenador da operação e proteção radiológica)
- Uma viatura do IRD (emergência radiológica)
- Quatro carretas contendo os embalados
- Viatura do IPEN-CNEN/SP (proteção radiológica)
- Viatura da CNEN/RJ (órgão licenciador e Edlow)
- Viatura do IPEN-CNEN/SP
- Duas viaturas da Polícia Federal
- Duas viaturas da Polícia Rodoviária Federal (laterais do comboio)
- Uma viatura da Polícia Rodoviária Federal
- Um cavalo mecânico de reserva
- Uma viatura da Polícia Rodoviária Estadual

No início da Rodovia dos Imigrantes, o CPTran e CET deixaram o comboio dando lugar para viaturas da ECOVIAS (responsável pela rodovia dos Imigrantes). Próximo a cidade de Santos, a polícia portuária se juntou ao comboio e manteve-se em contato permanente com o pessoal do Porto (CODESP) informando a posição do comboio e hora prevista para chegar no Porto de Santos.

Na baixada Santista, o comboio contou com a ajuda da CPTran de Santos, defesa Civil de Santos e guarda portuária. O comboio chegou ao Cais do Saboó às 0:10 do dia 04/11/99 após percorrer cerca de 80 km a uma velocidade média de 40 km/h. A operação de embarque dos 4 containers no navio Blue Bird que havia atracado por volta da 1h da madrugada, durou 42 minutos. Cerca de 10 estivadores devidamente monitorados e trajando macacões, luvas e dosímetros fornecidos pelo Serviço de Proteção Radiológica do IPEN, iniciaram o carregamento dos containers às 2h10min e terminaram às 2h52min. As 4h50min. o navio deixou o cais escoltado por lanchas da polícia federal. Na saída do porto, estas lanchas foram substituídas por uma fragata da marinha brasileira que escoltou o navio até uma distância de 200 milhas da costa brasileira.

TABELA 3 – Taxa de Exposição para o Transporte

mSv/h	GNS11 1	GNS11 2	GNS16 1	GNS16 2
Superfície externa do embalado encostado	4 E-03	1.6E-03	8 E-03	5.6E-04
Limite: 10 mSv/h				
Superfície externa do veículo encostado	1.2E-03	1.1E-03	5.6E-04	5.6E-04
Limite: 2 mSv/h				
Superfície externa do veículo (2 metros)	1.1E-03	1.1E-03	5.6E-04	5.6E-04
Limite: 0.1 mSv/h				
Cabine do veículo	1.1E-03	1.1E-03	7 E-04	5.6 E-04
Limite: 0.02 mSv/h				

Obs. limites conforme CNEN-NE-5.01 /2/

CONCLUSÕES

O IPEN-CNEN/SP considerou que a operação de corte, carregamento e transporte foi realizada com êxito uma vez que ocorreu sem qualquer incidente e os 127 elementos combustíveis queimados no reator IEA-R1 nos últimos 40 anos foram carregados e transportados para o Porto de Santos como previa o Plano de Transporte e o contrato firmado entre os governos do Brasil através da Comissão Nacional de Energia Nuclear e os Estados Unidos através do Departamento de Energia.

REFERÊNCIAS

[1] Diretrizes Básicas de Radioproteção, Norma CNEN-NE-3.01 da Comissão Nacional de Energia Nuclear, DOU de 01 de agosto de 1988.

[2] Transporte de Materiais Radioativos, Norma CNEN-NE.5.01 da Comissão Nacional de Energia Nuclear, DOU de 01 de agosto de 1988.

[3] Transporte, Recebimento, Armazenagem e Manuseio de Elementos Combustíveis de Usinas Nucleoelétricas,

Norma CNEN-NE-5.02 da Comissão Nacional de Energia Nuclear, DOU de 29 de outubro de 1986.

[4] Plano de Transporte e Proteção Radiológica, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, junho 1998.

[5] Plano de Proteção Física, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, junho 1998.

ABSTRACT

IPEN/CNEN-SP sent the IEA-R1 Research Reactor spent fuels from USA origin back to this country. This paper describes the experience in organizing the negotiations, documents and activities to perform the transport. Subjects as cask licensing, transport licensing and fuel failure criteria for transportation are presented.