

# CÁLCULO DE BLINDAGEM PARA NÊUTRONS EM ACELERADOR CICLOTRON

Martha S. Ribeiro, Matias P. Sanches e Demerval L. Rodrigues

Departamento de Radioproteção Ocupacional  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP  
C.P. 11049, 05422-970, São Paulo, Brasil

## RESUMO

O objetivo da Radioproteção do acelerador ciclotron é reduzir os níveis de dose em áreas de trabalho para que estas áreas sejam classificadas como área restrita supervisionada. Assim, a taxa de dose de radiação nas áreas ocupadas por trabalhadores durante a operação de um acelerador ciclotron não deverá exceder a 7,5  $\mu\text{Sv/h}$ . As áreas onde este nível não é observado são áreas controladas e devem ser exercidos alguns controles mais rígidos por meio de procedimentos administrativos ou mecanismos de proteção. O Laboratório de Ciclotrons do IPEN-CNEN/SP possui um ciclotron modelo Cyclone 30 com energia de 30 MeV, utilizado para pesquisa e produção de radioisótopos necessários para o processamento de radiofármacos de interesse para medicina nuclear. Entre eles, destacam-se o  $^{123}\text{I}$ ,  $^{67}\text{Ga}$  e o  $^{18}\text{F}$ . Quando o acelerador encontra-se em operação, pode haver falhas nas perfurações e passagens que conduzem à sala onde o acelerador encontra-se instalado e assim, os níveis de dose são superiores ao estabelecido por norma para trabalhadores, requerendo portanto, critérios de revisão para a estrutura de blindagem necessária para otimizar a dose de radiação. O propósito deste trabalho foi determinar a espessura de blindagem necessária e o material adequado para reduzir a taxa de dose em locais normalmente ocupados por trabalhadores, a um valor inferior a 7,5  $\mu\text{Sv/h}$ . O método utilizado empregou o valor da dose equivalente nas áreas da instalação para a taxa de fluência de nêutrons para as principais reações que ocorrem nos processos de irradiação de alvos. A blindagem proposta para as portas da caverna do acelerador garante níveis de dose abaixo dos limites estabelecidos para áreas supervisionadas.

**Palavras-chave:** Radioproteção, ciclotrons, blindagem, radiofármacos

## I- INTRODUÇÃO

O Laboratório de Ciclotrons do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares–Comissão Nacional de Energia Nuclear, IPEN-CNEN/SP, possui atualmente dois aceleradores ciclotrons utilizados principalmente, para a produção de radionuclídeos, que são incorporados a fármacos utilizados em diagnóstico na medicina nuclear.

O primeiro é um ciclotron CV-28 do tipo isócrona, compacto e de energia variável, adquirido da “The Cyclotron Corporation” (TCC) em 1976 e em operação desde 1982. É uma fonte de irradiação capaz de acelerar prótons, dêuterons, Hélio-3 e partículas alfa, com energia máxima de 24, 14, 36, e 28 MeV, respectivamente.

O segundo, um ciclotron modelo Cyclone-30 com energia de 30 MeV, fabricado pela empresa belga Ion Beam

Application (IBA) foi adquirido em 1997, num consenso entre a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e a classe médica brasileira, devido a crescente demanda por radiofármacos no país. Esse acelerador ciclotron permitirá a produção de diversos radioisótopos, atualmente importados, necessários para o processamento de radiofármacos de interesse para medicina nuclear. Entre eles, destacam-se o Iodo-123 para diagnóstico da função tireoidiana, o Gálio-67 para localização de tumores de tecidos moles e processos inflamatórios e o Flúor-18 para estudos de viabilidade miocárdica e metabolismo de tumores em lesões malignas. Vários radioisótopos estarão em produção este ano e na sequência, será implementada a produção de Tório-201, para diagnóstico do miocárdio e Índio-111, para localização de tumores cancerígenos.

As instalações do ciclotron são compostas pelo edifício que contém um recinto blindado para acomodar os aceleradores e as linhas de extração de feixe até os pontos de irradiação também blindados. Os alvos irradiados são enviados mediante um sistema de transporte automático para uma cela de transferência, em um laboratório anexo.

Desde 1982 são realizadas as exigências operacionais de proteção radiológica na instalação, que inclui o acompanhamento dos níveis de radiação por meio de um programa de monitoração, estudos para blindagem, disposição da instalação, controle de acesso de pessoal, dosimetria da radiação, etc. Quando do teste de ajuste do novo ciclotron, levantamentos radiométricos mostraram que as taxas de dose na saída dos labirintos de irradiação nos pontos 15 e 9 da figura 1, eram altas o suficiente para demandar a colocação de uma porta blindada, de modo que as taxas de dose no corredor se mantivessem nos níveis permitidos de acordo com os princípios de proteção radiológica. Neste trabalho, portanto, nosso objetivo foi estimar a espessura e o material necessário para blindagem de nêutrons, de modo que os níveis de dose ficassem abaixo dos limites estabelecidos por norma [1] para áreas supervisionadas.

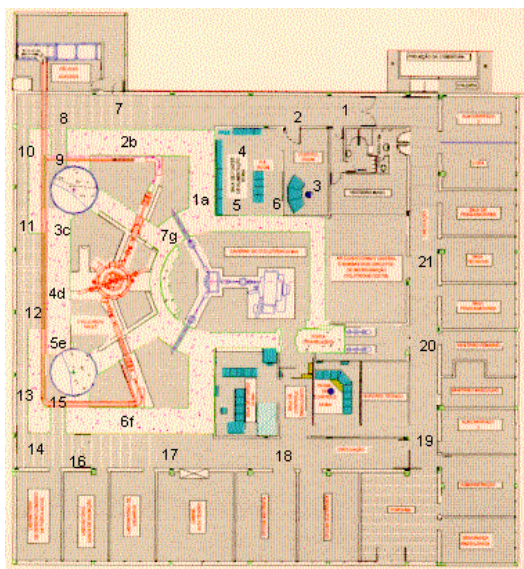


Figura 1: Planta do prédio dos ciclotrons. Os pontos 15 e 9 indicam as portas dos labirintos do Cyclone 30.

## II- MATERIAIS E MÉTODOS

Os cálculos para dimensionamento da blindagem das portas construídas para os labirintos do Cyclone 30 foram elaborados a partir de dados fornecidos pela literatura [2-3] e levantamentos radiométricos realizados pela Equipe de Radioproteção da instalação. A energia média dos nêutrons produzidos na irradiação dos alvos nas instalações do ciclotron é aproximadamente 2 MeV.

A espessura de polietileno necessária para reduzir as taxas de dose a níveis estabelecidos por norma é calculada conhecendo-se os valores das taxas de dose nos pontos 15 e 9 da figura 1. Portanto, o valor obtido para o ponto 15

(labirinto de irradiação para o Gálio-67) para reduzir a taxa de dose de  $H_0 = 3500 \mu\text{Sv/h}$  para  $H = 7,5 \mu\text{Sv/h}$ , foi aproximadamente 5 cm em polietileno. Do mesmo modo, o valor obtido para o ponto 9 (labirinto de irradiação para o Iodo-123) para reduzir a taxa de dose de  $H_0 = 1110 \mu\text{Sv/h}$  para  $H = 7,5 \mu\text{Sv/h}$ , foi aproximadamente 4 cm em polietileno. Vale ressaltar, que considerou-se também usar concreto como blindagem, porém, os cálculos realizados demonstraram que o concreto seria um material inviável para construção das portas.

Além disso, para confecção das portas blindadas, foi empregada uma chapa de ferro envolvendo o material polietileno, como estrutura para blindagem da radiação gama gerada na reação nêutron- $\gamma$ .

## III- DISCUSSÃO

O Laboratório de Ciclotrons do IPEN-CNEN/SP está em processo final de certificação pela CNEN, entretanto, há 18 meses possui autorização para operação da máquina. Em testes de ajuste do Cyclone 30, verificou-se que nas saídas dos labirintos de irradiação, as doses eram altas o suficiente, para que se agilizasse a construção de duas portas blindadas (pontos 15 e 9, figura 1), conforme era previsto no Relatório de Análise de Segurança (RAS) submetido para CNEN. Este trabalho apresenta um simples cálculo da espessura de polietileno necessária, para que as doses fossem mantidas dentro dos limites permitidos por norma [1].

Em teste de conformidade realizado pela CNEN, comprovou-se os resultados esperados. As medidas das taxas de dose resultaram em aproximadamente 1/10 das taxas anteriormente observadas sem a blindagem.

## IV- CONCLUSÃO

Este trabalho sugere um cálculo simples para blindagem de nêutrons em acelerador ciclotron, que se mostrou eficaz nos testes de conformidade da máquina realizados pela CNEN.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos técnicos de Radioproteção Amaro Schiavon Sanchez e Celso Jacomini, pela realização dos levantamentos radiométricos nas instalações do Ciclotron.

## REFERÊNCIAS

[1] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Diretrizes Básicas de Radioproteção. 1988. (CNEN-NE - 3.01).

[2] Bitelli U.U., Coelho P.R.P. e Silva, A.A.: “Medida do espectro de energia dos nêutrons no ciclotron do IPEN-CNEN/SP”, Comunicação Pessoal.

[3] Biaggio, A. L.: “Blindage para Radiação Neutrônica”, CNEA-AC-17/83.

### ABSTRACT

The objective of Radioprotection in cyclotron facilities is to reduce the dose levels in the workplaces to classify them like supervised areas. In this way, the radiation dose rates in areas occupied by workers during cyclotron operations should not exceed 7,5  $\mu\text{Sv/h}$ . In controlled areas these levels are not observed and some rigorous controls must be exerted by administrative procedures or protection mechanisms. The Cyclotron Laboratory at IPEN-CNEN/SP has a cyclotron model Cyclone 30, 30 MeV, used for research and it is also used for radioisotopes production for medical diagnosis and therapeutical applications. Among them,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{67}\text{Ga}$  and  $^{18}\text{F}$  can be pointed. When accelerator is operating, failures in perforations and paths that conduce to room accelerator can be occur and thus, the dose levels are higher than that established by law. For this reason, a review for shielding structure was necessary in order to optimize radiation dose. The purpose of this work was to determine the shielding thickness and adequate material to diminish the dose rates in workplaces to a value below 7,5  $\mu\text{Sv/h}$ . It was used a method to employ the equivalent dose value in the facility areas for neutrons fluency rate for the principal reactions in target irradiation processes. The purposed shielding for the vault doors ensures dose levels lower than established limits to supervised areas.