

Procedimentos para verificação da eficácia do Sistema de Segurança Radiológica de Instalações Cíclotrons Categoria II (AIEA)

Procedures for checking the effectiveness of the Security System of Radiological Facilities cyclotrons Category II (IAEA)

Heber S. Videira^{1,2}, Rubens Abe^{1,2}, Carlos A. Buchpiguel^{1,3}

¹Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), Brasil.

²CinRad -Laboratório de Produção de Radiofármacos,HCFMUSP, São Paulo (SP), Brasil.

³CMN- Centro de Medicina Nuclear, HCFMUSP, São Paulo (SP), Brasil.

Resumo

De acordo com a recomendação da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), Safety Series nº 107 [1], as instalações de aceleradores de partículas categoria II devem cumprir com alguns requisitos fundamentais, para assegurar o cumprimento dos objetivos da Segurança Radiológica. A recomendação da IAEA é aceita pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) o órgão regulamentador do uso da energia nuclear no Brasil e averiguada em suas auditorias [2]. O objetivo deste trabalho é apresentar procedimentos para averiguar a eficácia dos sistemas de Segurança Radiológica de Instalações Cíclotrons categoria II.

Palavras-chave: proteção radiológica, segurança radiológica, cíclotrons, radiofármacos, medicina nuclear.

Abstract

According to the recommendation of the International Atomic Energy Agency (IAEA) Safety Series No. 107[1], the particle accelerator facilities category II must comply with some key requirements to ensure compliance with the goals of the Radiological Safety. The IAEA's recommendation is accepted by the National Commission of Nuclear Energy (CNEN) the regulator of the use of nuclear energy in Brazil and investigated in their audits[2]. The aim of this paper is to present procedures to ascertain the effectiveness of the Radiological Safety Facility cyclotrons category II.

Keywords: radiological protection, radiation safety, cyclotrons, radiopharmaceuticals, nuclear medicine.

Introdução

De acordo com a recomendação da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), Safety Series nº 107¹, um acelerador de partículas é classificado como Categoria II quando este necessita de um recinto blindado cujo acesso em operação não é fisicamente possível devido a um sistema de controle de acesso.

As instalações de aceleradores categoria II² devem ter no mínimo algumas características como, Recinto Blindado, Sistema de Controle de Acesso, Sistemas de intertravamentos, sistema de monitoração radiológica, sistema de alarmes sonoros visuais, seqüência de segurança, sistemas de emergência, etc. Esses requisitos são fundamentais para garantir que os objetivos³ da segurança radiológica sejam cumpridos.

O responsável pela instalação deve garantir um programa de controle da eficácia dos dispositivos do sistema

de segurança radiológica, a fim de garantir as medidas de proteção radiológica aplicáveis à instalação. A recomendação da IAEA é aceita pela CNEN o órgão regulamentador do uso da energia nuclear no Brasil e averiguada em suas auditorias.

O objetivo deste trabalho é apresentar procedimentos para averiguar a eficácia dos sistemas de Segurança Radiológica de Instalações Cíclotrons.

Material e Métodos

Na execução deste trabalho foi utilizado um sistema de Monitoramento Radiológico da Medismarts composto por sete monitores fixos Geiger-Müller Rotem GM-42 Model BAK-1210, duas câmaras de ionização fixas da Rotem model IC-10-02 e um detector a Cintilação fixo da Rotem Modelo PM-11-M, spray de fumaça para teste do sistema

de incêndio, fonte padrão de Cs-137 da North American Scientific, Sistema de Segurança Radiológica composto por um painel de controle, sensores indutivos, botões de supervisão e emergência e um computador que gerencia todos estes dispositivos e uma central de automação da exaustão e refrigeração do Cíclotron.

Para garantir a segurança radiológica da instalação deve ser realizada a verificação periódica⁴ de todos os subsistemas que compõem o sistema de proteção radiológica. A Figura 1 e a Tabela 1 mostram, respectivamente, o sistema de Segurança Radiológica e os testes propostos neste trabalho para verificação dos subsistemas que compõem o sistema de Segurança Radiológica e a sua periodicidade:

Tabela 1. Periodicidade da verificação dos subsistemas de Segurança Radiológica.

Verificação	Periodicidade
Dispositivos de emergência.	Semanal e mensal
Sistema de exaustão do Cíclotron.	Semanal
Sistema de monitoração radiológica.	Semanal
Sistema de controle do tanque de decaimento radioativo.	Semanal
Verificação da integridade do bunker.	Anual
Sensores de incêndio do recinto blindado.	Mensal
Botão de abertura de porta do lado interno do recinto blindado.	Mensal
Sensores de abertura e fechamento da porta do bunker.	Semanal

2.1. Verificação semanal dos dispositivos de emergência da instalação:

- A) Abra a porta do recinto blindado do cíclotron;
- B) Entre no recinto com o Geiger-Müller com a Chave de operação do cíclotron conectada a ele e arme a zona de exclusão executando a seqüência de retardo de segurança.
- C) Selecione a chave habilitar no painel de Radioproteção para autorizar a geração de feixe. Esta condição não habilita feixe, pois, isso só pode ser realizado no console do Cíclotron. Ela só autoriza a habilitação do feixe;
- D) Verifique a indicação Cíclotron habilitado no sistema de segurança radiológica;
- E) Aperte o botão de emergência do corredor de acesso ao recinto blindado do cíclotron;
- F) Verifique a indicação correspondente do alarme sonoro-visual no console do sistema de segurança radiológica;
- G) Verifique se o Cíclotron foi desabilitado automaticamente;
- H) Repita o procedimento acima para todos os botões de emergência da instalação.

2.2 Verificação mensal dos dispositivos de emergência do interior do recinto blindado:

- A) Abra a porta do recinto blindado do cíclotron;
- B) Peça ao auxiliar do teste que entre no recinto;
- C) Entre no recinto com o Geiger-Müller com a Chave de operação do cíclotron conectada a ele e arme a zona de exclusão executando a seqüência de retardo de segurança, ou seja, realizando a vistoria no interior do recinto blindado antes da operação;

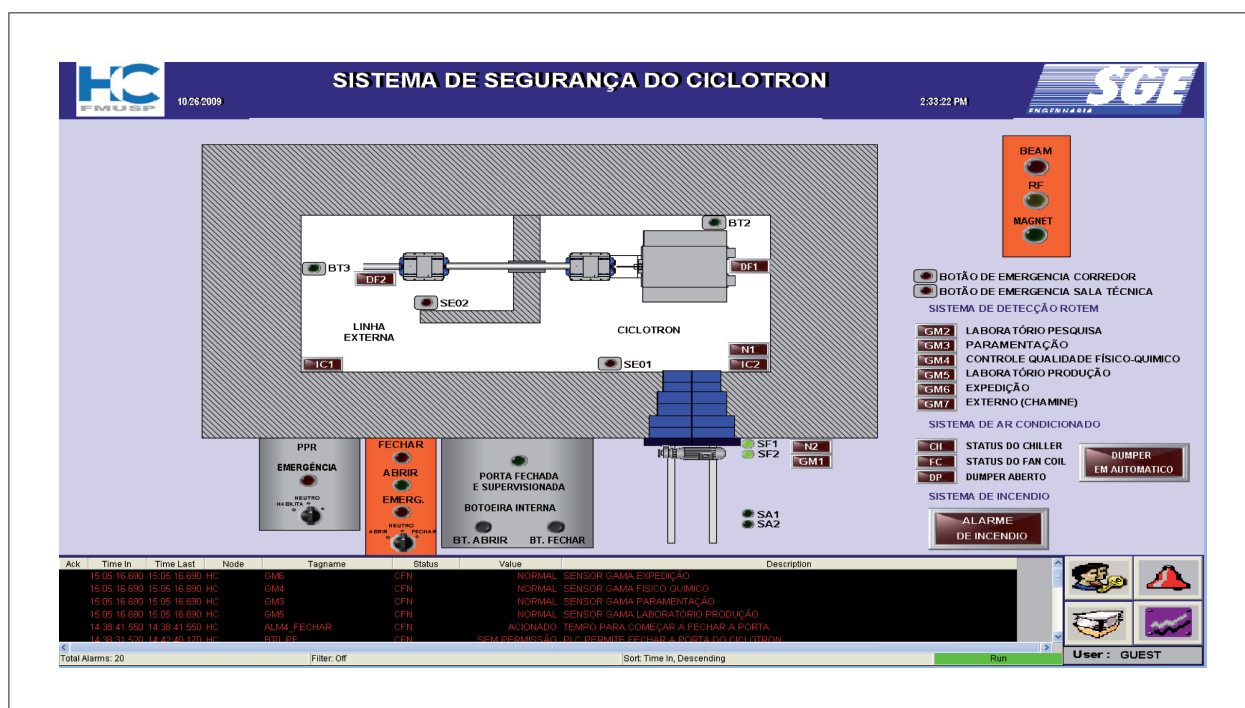


Figura 1. Sistema de Segurança Radiológica.

- D) Selecione a chave habilitar no painel de Radioproteção para autorizar a geração de feixe;
- E) Após a habilitação do sistema, peça ao auxiliar que acione o botão de emergência;
- F) Verifique a indicação correspondente do alarme sonoro-visual no console do sistema de segurança radiológica;
- G) Após a verificação do sistema, peça ao auxiliar que desative o botão de emergência;
- H) Repita o procedimento descrito acima para todos os botões de emergência do interior do recinto blindado.

2.3 Verificação semanal dos monitores de radiação da instalação

- A) Pegue a fonte teste de Cs-137;
- B) Abra a porta do recinto blindado do ciclotron;
- C) Peça ao auxiliar do teste que entre no recinto com a fonte teste;
- D) Entre no recinto com o Geiger-Müller com a Chave de operação do ciclotron conectada a ele e arme a zona de exclusão executando a seqüência de retardo de segurança;
- E) Selecione a chave habilitar no painel de Radioproteção para autorizar a geração de feixe. Esta condição não habilita feixe, pois, isso só pode ser realizado no console do Ciclotron. Ela só autoriza a habilitação do feixe;
- F) Peça ao auxiliar que aproxime a fonte teste do monitor de radiação dentro do recinto blindado. Verifique a indicação correspondente no sistema de monitoração e que o sistema não autoriza a abertura da porta do recinto;
- G) Após a verificação, peça ao auxiliar que retire a fonte do monitor e retorne ela a blindagem;
- H) Abra a porta e peça ao auxiliar do teste que saia do recinto;
- I) Na fechadura de acesso selecione a posição fechar porta;
- J) Entre no recinto com o Geiger-Müller com a Chave de operação do ciclotron conectada a ele e arme a zona de exclusão executando a seqüência de retardo de segurança;
- K) Selecione a chave habilitar no painel de Radioproteção para autorizar a geração de feixe;
- L) Aproxime a fonte teste do monitor de radiação gama do lado externo do recinto blindado. Peça ao auxiliar do teste que verifique a indicação correspondente no sistema de monitoração e segurança radiológica;
- M) Verifique o acionamento do alarme sonoro-visual e se a condição de Ciclotron habilitado foi desativada automaticamente;
- N) Após o aviso de confirmação de verificação do auxiliar, retire a fonte do monitor e retorne ela a blindagem;
- O) Repita este procedimento para todos os monitores de radiação da instalação, exceto, a verificação da condição de desabilitação do Ciclotron que não se aplica a estes monitores;
- P) Dirija-se até a chaminé do sistema de exaustão;

- Q) Aproxime a fonte teste do detector à cintilação da chaminé e peça ao auxiliar do teste que verifique a indicação correspondente no sistema de monitoração, segurança radiológica ciclotron e o fechamento do dumper na central de controle da exaustão;
- R) Após a confirmação de verificação do auxiliar, retire a fonte do monitor e retorne ela a blindagem;
- S) Aproxime a fonte teste do monitor de radiação gama da chaminé e peça ao auxiliar do teste que verifique a indicação correspondente, no sistema de monitoração; e
- T) Após a confirmação de verificação do auxiliar, retire a fonte do monitor e retorne ela a blindagem.

2.4 Verificação semanal do sistema de exaustão da instalação

- A) Coloque o ciclotron em operação com uma corrente de $5\mu\text{A}$ e 1 min de irradiação com H_2O^{16} .
- B) Na tela da central de controle da exaustão, selecione a interface que mostra o dumper da chaminé;
- C) Simule a condição de fechamento de dumper colocando o limite de 0.001 nCi/m^3 de alarme no detector a cintilação. (sistema de monitoração);
- D) Verifique a indicação correspondente do alarme visual no console do sistema de segurança do Ciclotron; e
- E) Verificar se o Ciclotron foi desligado automaticamente.

2.5 Verificação semanal do sistema de controle do tanque de decaimento radioativo

- A) Vá até o tanque de decaimento com medidor de taxa de exposição e levante a tampa;
- B) Faça a medida da taxa de exposição e anote o valor;
- C) Simule a condição de tanque cheio;
- D) Verifique o acionamento do alarme sonoro; e
- E) Caso esteja abaixo dos limites estabelecidos pela norma da CNEN NE 6.05⁵ dispense o rejeito.

2.6 Verificação anual da integridade da blindagem a partir do levantamento radiométrico;

- A) Coloque o Ciclotron na máxima corrente de operação de rotina;
- B) Faça o levantamento radiométrico ao redor do recinto blindado com um detector de nêutron portátil. Anote os pontos medidos e os valores encontrados; e
- C) Armazene o documento comprobatório emitido.

2.7 Verificação mensal dos sensores de incêndio do recinto blindado

- A) Abra a porta do recinto blindado do ciclotron;
- B) Peça ao auxiliar do teste que entre no recinto com o spray de fumaça;
- C) Entre no recinto com o Geiger-Müller com a Chave de operação do ciclotron conectada a ele e arme a zona de exclusão executando a seqüência de retardo de segurança.
- D) Selecione a chave habilitar no painel de Radioproteção para autorizar a geração de feixe. Esta condição não habilita feixe, pois, isso só pode ser realizado no console do Ciclotron. Ela só autoriza a habilitação do feixe;

- E) Peça ao auxiliar que acione o spray de fumaça no dispositivo de incêndio; e
- F) Verifique a indicação correspondente no sistema de controle de incêndio, de segurança radiológica e que o sistema foi desativado;

2.8 Verificação mensal do botão de abertura de porta do lado interno do recinto blindado.

- A) Pegue a fonte teste de Cs-137;
- B) Abra a porta do recinto blindado do ciclotron;
- C) Peça ao auxiliar do teste que entre no recinto com a fonte teste;
- D) Na fechadura de acesso selecione a posição fechar porta;
- E) Entre no recinto com o Geiger-Müller com a Chave de operação do ciclotron conectada a ele e arme a zona de exclusão executando a seqüência de retardo de segurança;
- F) Selecione a chave habilitar no painel de Radioproteção para autorizar a geração de feixe. Esta condição não habilita feixe, pois, isso só pode ser realizado no console do Ciclotron. Ela só autoriza a habilitação do feixe;
- G) Peça ao auxiliar que aproxime a fonte teste do monitor de radiação dentro do recinto blindado;
- H) Verifique a indicação correspondente no sistema de monitoração e que o sistema não autoriza a abertura da porta do recinto blindado; e
- I) Peça ao auxiliar que acione o botão de abertura interno.

Tabela 2. Verificação do Sistema de Segurança Radiológica.

Sistema de Exaustão do Ciclotron	Situação
Indicação correspondente no sistema.	SIM
O sistema foi desligado automaticamente	SIM
Acionamento do alarme sonoro.	NÃO
Teste dos botões de emergência	
Indicação correspondente no sistema.	SIM
Alarme sonoro.	SIM
O sistema foi desligado automaticamente	SIM
Monitor de radiação interno do recinto.	200 μ Sv/h
Indicação correspondente no sistema.	SIM
Acionamento do alarme sonoro.	SIM
Bloqueio da porta do recinto blindado	SIM
Detector a Cintilação da Chaminé.	30000cpm
Indicação correspondente no sistema.	SIM
Fechamento do Dumper na central de automação.	SIM
Tanque de decaimento	
Valor da taxa de exposição	2 μ Sv/h
Verificar o alarme sonoro.	SIM
Volume descartado.	900L
Sensores de incêndio do BUNKER	
Indicação correspondente no sistema.	SIM
Acionamento do alarme sonoro.	SIM
O sistema foi desligado automaticamente	SIM

2.9 Verificação semanal dos sensores de abertura e fechamento da porta do recinto blindado

- A) Abra a porta do recinto blindado do ciclotron;
- B) Entre no recinto com o Geiger-Müller com a Chave de operação do ciclotron conectada a ele e arme a zona de exclusão executando a seqüência de retardo de segurança;
- C) Verifique a condição de porta totalmente fechada no sistema de segurança radiológica;
- D) Selecione a chave habilitar no painel de Radioproteção para autorizar a geração de feixe;
- E) Verifique a indicação Ciclotron habilitado no sistema de segurança radiológica;
- F) Execute o procedimento de abertura de porta na fechadura de acesso;
- G) Verifique a indicação correspondente no sistema de segurança radiológica e se o sistema de habilitação de feixe foi desativado automaticamente;
- H) Verifique a indicação correspondente no sistema de segurança radiológica do acionamento do sensor de abertura total da porta, terminando o ciclo de abertura da mesma.

Resultados

A Tabela 2 mostra as condições obtidas ao submetermos alguns subsistemas do sistema geral de segurança radiológica de nossa instalação a verificação a partir da metodologia proposta:

Discussão e Conclusões

A metodologia proposta para a verificação da eficácia de sistemas de segurança radiológica de instalações Ciclotrons de Categoria II auxilia no controle de qualidade dos elementos que compõem o sistema, garantindo assim, o cumprimento dos objetivos da proteção radiológica.

Referências

1. International Atomic Energy Agency. Radiation safety of gamma and electron irradiation facilities. Safety Guides N° 107. Viena: IAEA; 1992.
2. Comissão Nacional de Energia Nuclear. CNEN NE 6.02. Licenciamento de Instalações Radiativas [Citado Ago. 2010]; 1998. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/normas.asp>.
3. Comissão Nacional de Energia Nuclear. CNEN NN 3.01. Diretrizes básicas de Proteção Radiológica [Citado Ago. 2010]; 2005. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/normas.asp>.
4. International Atomic Energy Agency. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. Safety Series N° 115. Viena: IAEA; 1996.
5. Comissão Nacional de Energia Nuclear. CNEN NE 6.05. Gerência de Rejeitos Radiativos em instalações Radiativas [Citado Ago. 2010]; 1995. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/normas.asp>.