

Gabarito da prova de SPR para Cíclotron 2025

Questão 1_ (1,0 ponto)

Resposta:

A Norma CNEN NN 6.11 estabelece que as instalações devem implementar um programa adequado de monitoração de radiação, que inclui:

1. A monitoração contínua dos níveis de radiação nos ambientes ocupados e nas áreas controladas para garantir que os limites de dose estabelecidos sejam respeitados.
2. A instalação de instrumentos de monitoração de radiação apropriados, devidamente calibrados, em locais estratégicos da instalação, especialmente em áreas onde há maior risco de exposição.
3. A realização de levantamentos radiológicos periódicos para identificar possíveis fontes de contaminação radioativa e vazamentos.
4. O uso de monitores de radiação pessoais por todos os trabalhadores que atuam em áreas onde existe o risco de exposição.
5. O registro e o arquivamento dos resultados das monitorações de radiação, que devem ser revisados regularmente para detectar possíveis variações nos níveis de exposição.

Questão 2_ (2,0 pontos)

Resposta:

A Norma CNEN NN 6.11 estabelece, nos artigos 46 e 47, os requisitos essenciais para os sistemas de segurança em instalações produtoras de radioisótopos com aceleradores cíclotrons. Esses sistemas devem ser projetados com base nos princípios de **defesa em profundidade, redundância e independência**, garantindo que, em caso de falha de algum componente, a operação seja automaticamente interrompida e o acesso a áreas de alta radiação seja bloqueado até que o problema seja resolvido (Art. 46, incisos I a III).

O **Art. 47** especifica os sistemas mínimos de segurança que devem estar presentes nessas instalações, divididos em três categorias:

1. **Sistema de chave única** – Integrado a um detector portátil de radiação, é necessário tanto para iniciar a operação do cíclotron quanto para abrir/fechar a porta do bunker, evitando que a máquina opere sem controle de acesso (Art. 47, inciso I).

2. **Intertravamentos automáticos** – São sistemas que impedem a operação do ciclotron ou a abertura de portas sob determinadas condições inseguras. Entre os principais:
 - Intertravamento por abertura de porta do bunker (Art. 47, II, a).
 - Intertravamento por taxa de dose que bloqueia o acesso caso níveis elevados de radiação sejam detectados (Art. 47, II, b).
 - Intertravamentos durante a transferência de material radioativo entre o ciclotron e as células quentes (Art. 47, II, c).
 - Intertravamentos específicos para ciclotrons autoblindados (Art. 47, II, d).
 - Intertravamento por descarga na chaminé para evitar emissões fora dos limites (Art. 47, II, e).
3. **Sistemas de segurança adicionais**, que incluem:
 - Botões de ronda para verificar se há pessoal no bunker (Art. 47, III, a);
 - Botões de parada de emergência internos e externos (Art. 47, III, b);
 - Sistema de abertura da porta do bunker por dentro, em caso de emergência (Art. 47, III, c);
 - Sistema de fim de curso da porta (Art. 47, III, d);
 - Sistema elétrico de respaldo para manter os serviços essenciais funcionando (Art. 47, III, e).

Esses sistemas são fundamentais para prevenir acidentes, evitar exposições indevidas e garantir que apenas pessoas autorizadas e em condições seguras tenham acesso às áreas de produção. A norma também exige que qualquer interrupção nesses sistemas seja supervisionada e autorizada pelo supervisor de proteção radiológica, como previsto no Art. 46, inciso II.

Portanto, os sistemas de segurança descritos na NN 6.11 formam um conjunto robusto de barreiras técnicas e administrativas que asseguram a proteção dos trabalhadores, do público e do meio ambiente.

Questão 3_ (1,0 ponto)

Resposta:

De acordo com a Norma CNEN NN 6.11, o **Plano Preliminar de Gerência de Rejeitos Radioativos** deve ser apresentado como parte da documentação para a **Autorização para Construção** de uma Instalação Produtora. Este plano deve estar **em consonância com a norma CNEN NN 8.01**, a qual trata da Gerência de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação (Art. 7, inciso III; Art. 16).

Conforme o **Art. 16**, o plano deve indicar o local de armazenamento dos rejeitos e abranger, no mínimo, os seguintes aspectos:

1. **Registro de inventário** dos rejeitos;
2. **Classificação** adequada dos resíduos;
3. **Segregação** dos rejeitos conforme suas características;
4. **Tratamento** para reduzir volume ou toxicidade;
5. **Acondicionamento** adequado para garantir contenção segura;
6. **Armazenamento** seguro, preferencialmente próximo ao local de geração;
7. **Eliminação** ou descarte final conforme previsto em norma; e
8. **Movimentação interna** dos rejeitos dentro da instalação.

Além disso, o **Art. 17** da norma define os **principais tipos de rejeitos radioativos** que podem ser gerados em instalações com aceleradores ciclotrons:

- I. Componentes ativados retirados do acelerador em manutenções;
- II. Rejeitos provenientes da transferência, síntese, fracionamento e controle de qualidade;
- III. Filtros removidos dos sistemas de ventilação de efluentes gasosos;
- IV. Fontes radioativas em desuso (ex.: fontes de calibração);
- V. Rejeitos gerados por incidentes;
- VI. Rejeitos produzidos durante o descomissionamento da instalação.

Esses rejeitos devem ser tratados de forma segura, com **planejamento para armazenamento temporário e para descarte**, e sempre com rastreabilidade e controle radiológico adequado. O plano ainda deve prever formas de minimizar os riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

Portanto, o gerenciamento adequado de rejeitos é um requisito essencial tanto para a **licença de operação** quanto para a **segurança geral da instalação**, devendo ser continuamente atualizado ao longo da vida útil da instalação.

Referências:

- CNEN NN 6.11, Art. 7, inciso III; Art. 16 e Art. 17.

Questão 4_ (2,0 pontos)

Resposta:

De acordo com a Norma CNEN NN 6.11 (Resolução CNEN 267/20), os Supervisores de Proteção Radiológica (SPRs) têm papel essencial na aplicação prática das diretrizes e

regulamentos referentes à segurança e à proteção radiológica nas Instalações Produtoras de Radioisótopos. Seus deveres estão especificados no **Art. 31** da norma e podem ser resumidos em dez principais responsabilidades:

1. **Assessoramento ao titular da instalação:** Os SPRs devem orientar o titular em todos os assuntos que envolvam segurança e proteção radiológica, funcionando como apoio técnico e consultivo (Art. 31, I).
2. **Aplicação do plano de proteção radiológica:** Eles são responsáveis por colocar em prática as medidas previstas no plano previamente aprovado, assegurando sua eficácia no dia a dia da operação (Art. 31, II).
3. **Notificação de não conformidades:** Caso sejam identificados desvios do plano de proteção radiológica ou das normas do órgão regulador, os SPRs devem imediatamente notificar o titular da instalação (Art. 31, III).
4. **Revisão do plano de proteção radiológica:** Os SPRs devem revisar o plano periodicamente ou quando alterações nas condições operacionais assim exigirem, garantindo sua atualização constante (Art. 31, IV).
5. **Acompanhamento das manutenções:** Devem estar presentes durante as manutenções do acelerador ciclotron, das células quentes, dos módulos de síntese e fracionamento, e do sistema de ventilação, assegurando que essas intervenções não comprometam a segurança (Art. 31, V).
6. **Supervisão de testes de segurança:** Os SPRs devem acompanhar os testes dos dispositivos de segurança, verificando seu pleno funcionamento (Art. 31, VI).
7. **Auditoria da produção:** É dever dos SPRs auditar regularmente o processo produtivo da instalação, visando identificar riscos e prevenir falhas operacionais (Art. 31, VII).
8. **Acompanhamento de inspeções regulatórias:** Os SPRs devem estar presentes durante inspeções realizadas pelo órgão regulador, colaborando com a fiscalização (Art. 31, VIII).
9. **Elaboração do RAOI:** Devem elaborar o Relatório Anual de Ocorrências da Instalação Produtora (RAOI), documento que sistematiza os eventos significativos e deve ser enviado ao órgão regulador ao final de cada ano (Art. 31, IX).
10. **Controle abrangente da segurança radiológica:** Isso inclui o controle das fontes de radiação, efluentes, rejeitos radioativos, condições de exposição de trabalhadores e público, áreas supervisionadas e controladas, e equipamentos de proteção e monitoração (Art. 31, X).

Essas atribuições estão diretamente ligadas à segurança operacional da instalação e à proteção da saúde dos indivíduos ocupacionalmente expostos, do público em geral e do meio ambiente. Ao garantir que os sistemas de proteção funcionem corretamente e que os procedimentos estejam em conformidade com as normas regulatórias, os SPRs atuam como a linha de defesa essencial contra acidentes radiológicos e exposições indevidas.

Referência normativa: Art. 31 da Norma CNEN NN 6.11 - **Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica em Instalações Produtoras de Radioisótopos com Aceleradores Ciclotrons (Resolução CNEN 267/20).**

Questão 5_ (1,8 pontos, sendo 0,3 ponto por item)

Resposta:

Podem ser listadas do seguinte conjunto:

- I - o sistema de ventilação para áreas com potencial de contaminação radioativa seja independente do sistema de ventilação geral;
- II - o ar deva se deslocar para áreas com maior potencial de contaminação radioativa;
- III - as diferentes áreas, que apresentam potenciais de contaminação radioativa distintos, sejam separadas mediante o uso de filtros apropriados;
- IV - o ar das células quentes seja renovado por um valor mínimo de 20 renovações/hora. Para as diferentes áreas da Instalação Produtora, o valor mínimo aceitável é de 5 renovações/hora;
- V - as células quentes sejam verificadas através de um ensaio de confinamento estático, para que cumpram ao menos com a classe 4 da Norma ISO 10648-2;
- VI - no caso em que as células quentes operem em algum momento do processo em modo de confinamento dinâmico, ou em caso de gabinetes de segurança biológica, a velocidade média de ingresso de ar deve ser ao menos de 0,5 m/s;
- VII - sejam instalados dispositivos indicadores de fluxo de ar das células quentes, com previsão de regulação automática;
- VIII - a filtração do ar de saída deve incluir etapas para gases ou vapores e aerossóis; e
- IX - sejam estabelecidos critérios e procedimentos para as trocas dos filtros, assim como para ensaios de teste das células quentes.

Questão 6_ (1,2 ponto, sendo 0,4 ponto por item)

Resposta:

Precisão (0,4 ponto)

Periodicidade: Semestral

Avaliar a reprodutibilidade da resposta do medidor de atividade por intermédio de uma série de 10 medições consecutivas de, no mínimo, uma fonte de teste. O valor do

desvio padrão de uma amostra de 10 medições da fonte de teste deve estar compreendido no intervalo de $\pm 1 \%$.

Exatidão (0,4 ponto)

Periodicidade: Semestral

Verificar a exatidão nas medidas de um medidor de atividade através da utilização das fontes de referência, devendo as medidas estarem dentro de um intervalo de $\pm 5\%$ (cinco por cento).

Linearidade (0,4 ponto)

Periodicidade: Anual

Avaliar se o medidor de atividade possui resposta linear no intervalo das atividades dos radiofármacos administrados rotineiramente aos pacientes. A avaliação da linearidade deve ser realizada pelo método do decaimento radioativo de uma fonte de meia vida curta. Os valores das atividades individuais medidas no teste de linearidade devem estar contidos no intervalo de $\pm 5 \%$ em relação ao valor teórico obtido pelo cálculo do decaimento radioativo.

Questão 7_ (1,0 ponto)

Resposta:

A norma **CNEN NN 2.06**, aprovada pela Resolução CNEN nº 254/19, estabelece os princípios e requisitos básicos de proteção física aplicáveis a fontes radioativas e às instalações radiativas associadas. No contexto desta norma, o **Supervisor de Proteção Radiológica (SPR)** é a figura central para a coordenação e efetividade do Serviço de Proteção Física (SPF), tendo diversas atribuições regulamentares.

As responsabilidades do SPR estão descritas no **Art. 29** da norma e incluem, entre outras, as seguintes funções:

1. **Controle e supervisão do sistema:** O SPR deve manter sob controle:
 - As fontes radioativas;
 - As condições de operacionalidade do SisPF;
 - As áreas de segurança; e
 - Os elementos de proteção física e sistemas de detecção, alarme e confirmação da intrusão (**Art. 29, I**).
2. **Comunicação com o titular:** É dever do SPR comunicar, por escrito, ao titular da instalação qualquer deficiência identificada no SisPF, além de situações de ameaça ou perigo (**Art. 29, II**).

3. **Cumprimento de normas:** O SPR deve garantir o cumprimento tanto das normas da CNEN quanto do Plano de Proteção Física (PPF) específico da instalação sob sua supervisão (**Art. 29, III**).
4. **Capacitação e gestão de equipe:** Cabe ao SPR coordenar treinamentos, avaliações de desempenho e orientações dos membros da equipe do SPF, assegurando que todos estejam capacitados para suas funções (**Art. 29, IV**).
5. **Planejamento e supervisão do SPF:** O SPR é responsável por planejar, coordenar e implementar as ações do SPF, garantindo que as atividades estejam de acordo com os requisitos normativos (**Art. 29, V**).
6. **Notificação de desligamento:** Caso o SPR deixe de atuar na instalação, deve notificar imediatamente a CNEN (**Art. 29, VI**).
7. **Gestão documental:** Deve manter atualizados e aplicar o PPF e os procedimentos específicos da instalação, além de manter os registros disponíveis para verificação da CNEN por, no mínimo, três anos (**Art. 29, VII e VIII**).
8. **Atualização técnica:** O SPR deve manter-se continuamente atualizado sobre conceitos, tecnologias e regulamentos relativos à segurança física (**Art. 29, IX**).

Essas responsabilidades mostram que o SPR atua como elo entre a operação segura da instalação, o cumprimento regulatório e a resposta rápida a qualquer situação de risco, desempenhando papel fundamental na prevenção de atos não autorizados, como roubo, furto e sabotagem de fontes radioativas.