



COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
DIRETORIA DE RADIOPROTEÇÃO E SEGURANÇA NUCLEAR

**CERTIFICAÇÃO DA QUALIFICAÇÃO DE SUPERVISOR DE PROTEÇÃO
RADIOLÓGICA
2024**

**- PROVA GERAL -
CLASSE I**

Nome do Candidato:

Número de CPF:

Assinatura:

Data: 04/09/2024

Obs. – As instruções para a realização da prova encontram-se na folha seguinte.

INSTRUÇÕES

1. Coloque o seu nome bem legível nos espaços indicados.
2. Use somente o papel fornecido pelos examinadores.
3. Não será permitido empréstimo de qualquer material durante a prova.
4. Durante a realização da prova não é permitido utilizar quaisquer dispositivos como bip, telefone celular, smartwatch, walkman, agenda eletrônica, notebook, palmtop, laptop, tablet, receptor, gravador, câmera fotográfica, filmadora, MP-3, MP-4 e demais dispositivos similares.
5. É permitido apenas o uso de calculadora científica.
6. Nenhuma folha deve ser destacada.
7. As questões certas ganham pontos e as questões erradas não anulam pontos de questões certas.
8. Só é permitida a saída da sala da prova após **1 hora** do início da mesma e o candidato poderá levar o caderno de questões e a folha de resposta rascunho.
9. O antepenúltimo e o penúltimo candidato só poderão deixar a sala de aplicação da prova juntamente com o último candidato. Os três candidatos testemunharão o novo lacre dos envelopes bem como as assinaturas dos monitores de prova e dos três candidatos.
10. Utilize para as respostas definitivas da prova apenas a folha de respostas assinalando com caneta de tinta preta ou azul. Respostas a lápis **não serão consideradas** pela banca examinadora para fins de correção.
11. Cada questão múltipla escolha vale 0,5 ponto, totalizando 10 pontos.
12. Para cada questão, assinale apenas 1 opção como resposta. Em caso de mais de 1 opção assinalada no cartão resposta, será atribuída pontuação zero.
13. Assinale a alternativa do cartão resposta como no modelo abaixo

QUESTÃO	X	Y	Z	W	K
##			X		

Nome: _____

QUESTÕES

1) As radiações ao interagirem com a matéria, podem nela provocar excitação atômica ou molecular, ionização ou ativação do núcleo. Assinale a alternativa **CORRETA** sobre estes processos:

- a) Na excitação atômica, elétrons são removidos de seus orbitais pela radiação e produzem radicais livres;
- b) Na ativação do núcleo, prótons são removidos de seus orbitais pela radiação e produzem radicais livres;
- c) Na ionização, um próton e um elétron se transformam em um nêutron e um neutrino do elétron;
- d) Na excitação atômica, elétrons são deslocados de seus orbitais de equilíbrio e, ao retornarem, podem emitir luz ou raios X característicos;
- e) Na ativação do núcleo, um elétron com energia inferior à energia de ligação dos nucleons pode provocar a quebra do núcleo com a emissão de radiação residual.

2) Quanto aos processos físicos através dos quais os fótons interagem com a matéria, é **CORRETO** afirmar que:

- a) No espalhamento Compton, um fóton transfere toda sua energia a um elétron, que é ejetado de um átomo.
- b) No espalhamento fotoelétrico, um fóton interage com um elétron livre, o que altera a direção de propagação e a energia do fóton.
- c) No espalhamento Rayleigh, a energia do fóton não se altera.
- d) Na produção de pares, um fóton se transforma em um próton e um elétron.
- e) A produção de pares é o processo dominante para energias de até 1022 keV.

3) Um laboratório necessita de 5,00 MBq de ^{131}I para um teste. A meia-vida do ^{131}I é de 8,0232 dias e o produto levará 3 dias para chegar ao laboratório. Assinale a alternativa **CORRETA** que apresenta a atividade mínima a ser pedida pelo laboratório ao fornecedor:

- a) $7,27 \times 10^6$ Bq.
- b) $2,50 \times 10^6$ Bq.
- c) $1,00 \times 10^7$ Bq.
- d) $2,50 \times 10^7$ Bq.
- e) $2,50 \times 10^7$ Ci.

Nome: _____

4) O ^{131}I emite uma partícula beta, de energia média de 0,188 MeV, em cada decaimento. Suponha que uma atividade de 1 MBq de ^{131}I seja administrada a um paciente e que 30% (trinta por cento) desta atividade seja incorporada homogeneamente na glândula tireoide, cuja massa é de 20 g. Considere que toda a energia emitida seja absorvida na glândula e que $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}\text{J}$. Marque a alternativa **CORRETA** que apresenta a taxa de dose inicial na tireoide:

- a) 3,24 mGy/h.
- b) $1,88 \times 10^{-1}$ mGy/h.
- c) $1,62 \times 10^{-1}$ mGy/h.
- d) $3,24 \times 10^{-1}$ mGy/h.
- e) 1,62 mGy/h.

5) O ácido desoxirribonucleico (*deoxyribonucleic acid - DNA*) é considerado um importante alvo da radiação ionizante em sistemas biológicos. Sobre as lesões induzidas pela radiação ionizante no DNA, assinale a alternativa **INCORRETA**:

- a) A radiação causa uma variedade de lesões no DNA, incluindo danos em bases, quebras de fita simples, quebras de fita dupla, ligações cruzadas proteína-DNA e ligações cruzadas proteína-proteína.
- b) O tipo de lesão no DNA que mais frequentemente resulta em morte celular é quebra de fita dupla.
- c) Danos induzidos pela radiação no DNA podem influenciar processos metabólicos como replicação, transcrição e expressão gênica.
- d) A extensão dos danos ao DNA depende somente da dose absorvida no órgão ou tecido exposto.
- e) Quando um dano no DNA ocorre em células germinativas, ele pode ser transmitido e se manifestar na forma de uma desordem hereditária nos descendentes do indivíduo irradiado.

6) A exposição à radiação ionizante pode causar muitos efeitos nocivos à saúde. Tais efeitos foram classificados pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (*International Commission on Radiological Protection – ICRP*) em 1990 em efeitos determinísticos e estocásticos, e ambas as categorias de efeitos são consideradas pela ICRP ao estabelecer suas recomendações. Sobre os efeitos determinísticos (reações teciduais) da radiação ionizante na saúde humana, assinale a alternativa **CORRETA**:

- a) Têm origem na morte de muitas células em um órgão ou tecido irradiado.
- b) Só aparecem após um longo período de latência (meses ou anos).
- c) A gravidade do efeito no indivíduo exposto não está relacionada à dose no órgão ou tecido exposto.
- d) Quando o dano ocorre em células somáticas, pode ser transmitido e se manifestar nos descendentes do indivíduo irradiado.
- e) O câncer radioinduzido e os efeitos hereditários da radiação são exemplos de efeitos determinísticos da radiação ionizante.

Nome: _____

7) O risco de indução de câncer pela radiação ionizante é um dos principais fatores considerados no desenvolvimento das recomendações de proteção radiológica. Sobre as evidências epidemiológicas da indução de câncer pela exposição à radiação ionizante, assinale a alternativa **INCORRETA**:

- a) Um aumento significativo da mortalidade por câncer foi encontrado para radiologistas que ingressaram na profissão antes de 1930, ou seja, antes da introdução de regras e regulamentos rígidos para reduzir a exposição ocupacional à radiação.
- b) O programa de acompanhamento ao longo da vida dos sobreviventes das bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki é o maior, mais abrangente e mais detalhado estudo epidemiológico já realizado. O mais importante e significativo dano a longo prazo à saúde observado nesse estudo é o aumento da mortalidade por câncer.
- c) Numerosos estudos sobre trabalhadores em minas, especialmente sobre aqueles que trabalham em minas de urânio, definiram uma relação proporcional entre o produto do tempo de exposição e a concentração dos produtos de decaimento do radônio no ar e o risco subsequente de câncer de pulmão.
- d) A principal consequência para a saúde do acidente de Chernobyl foi um aumento imediato e maciço na taxa de câncer de mama entre as mulheres adultas, causado pela absorção de grandes quantidades de I-131 após o acidente.
- e) Vários estudos encontraram risco aumentado de desenvolvimento subsequente de leucemia em indivíduos tratados nas décadas de 1950 e 1960 com radioterapia para doenças benignas, como espondilite anquilosante e *tinea capitis*.

8) Sobre os métodos de dosimetria biológica usados para a avaliação da exposição à radiação ionizante após acidentes, assinale a alternativa **INCORRETA**:

- a) Um método de dosimetria biológica que tem provado seu valor em muitos acidentes é a determinação da frequência de aberrações cromossômicas instáveis em linfócitos sanguíneos estimulados à divisão.
- b) Aberrações cromossômicas surgem quando extremidades do ácido desoxirribonucleico (*deoxyribonucleic acid, DNA*), resultantes de quebras, se unem com outras extremidades para gerar anéis, cromossomos dicêntricos e translocações, entre outras.
- c) As aberrações cromossômicas do tipo dicêntricas podem ser usadas como um marcador da exposição à doses elevadas de radiação ionizante.
- d) Após irradiação corporal total homogênea (dose elevadas), o número de cromossomos dicêntricos por célula segue uma distribuição de Poisson. Desvios acentuados da distribuição de Poisson são um indicador de uma distribuição de dose muito heterogênea.
- e) A frequência de cromossomos dicêntricos aumenta exponencialmente com o tempo após a exposição e assim este método é bastante adequado para avaliar as doses de radiação ionizante mesmo muitos anos após a exposição.

Nome: _____

9) Sobre os requisitos básicos de proteção radiológica estabelecidos na Norma CNEN NN 3.01, “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica”, assinale a alternativa **INCORRETA**:

- a) Os limites de dose se aplicam às exposições médicas, ocupacionais e do público.
- b) Nenhuma prática ou fonte associada a essa prática será aceita pela CNEN, a não ser que a prática produza benefícios, para os indivíduos expostos ou para a sociedade, suficientes para compensar o detrimento correspondente, tendo-se em conta fatores sociais e econômicos, assim como outros fatores pertinentes.
- c) No caso de exposições médicas de pacientes, a otimização médica da proteção radiológica deve ser entendida como a aplicação da dose de radiação necessária e suficiente para atingir os propósitos a que se destina.
- d) Indivíduos com idade inferior a 18 anos não podem estar sujeitos a exposições ocupacionais.
- e) A exposição normal dos indivíduos deve ser restringida de tal modo que nem a dose efetiva nem a dose equivalente nos órgãos ou tecidos de interesse, causadas pela possível combinação de exposições originadas por práticas autorizadas, excedam os limites de dose especificados, salvo em circunstâncias especiais, autorizadas pela CNEN.

10) De acordo com a Norma CNEN NN 2.06 “Proteção Física de Fontes Radioativas e Instalações Radiativas Associadas”, assinale a alternativa **INCORRETA**:

- a) Os procedimentos operacionais do Sistema de Proteção Física devem ser estabelecidos de forma a minimizar interferências prejudiciais sobre as operações normais da instalação radiativa.
- b) Uma das responsabilidades do Supervisor de Proteção Radiológica, no tocante à Proteção Física, é manter sob controle as fontes radioativas.
- c) A Equipe de Proteção Física de uma instalação tem, dentre as suas responsabilidades, informar ao Supervisor de Proteção Radiológica qualquer evento anormal na instalação, que possa representar um risco à proteção física da fonte radioativa.
- d) Um Plano Preliminar de Proteção Física deve ser encaminhado junto com a solicitação de Autorização de Construção.
- e) A proteção física de fontes radioativas é um conjunto de medidas que têm por objetivo – proteger as fontes radioativas contra roubo, furto ou qualquer outra forma de remoção não autorizada.

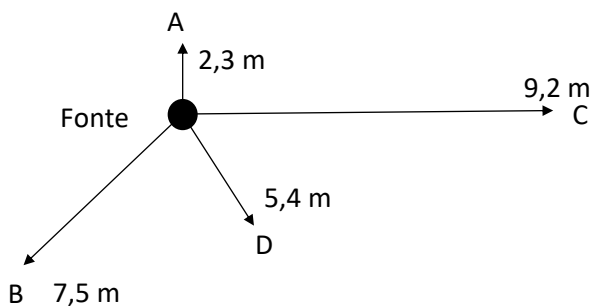
Nome: _____

11) A taxa de dose na superfície de um gerador de ^{99m}Tc é de $160 \mu\text{Sv/h}$. Considerando apenas a emissão do ^{99m}Tc , assinale a alternativa que expressa **CORRETAMENTE** a espessura de blindagem adicional de chumbo que reduziria a taxa de dose para $20 \mu\text{Sv/h}$?

Obs.: camada semi-redutora (HVL) para $^{99m}\text{Tc} = 0,7 \text{ mm}$ de chumbo.

- a) 0,21 cm.
- b) 3,45 cm.
- c) 2,10 cm.
- d) 1,50 cm.
- e) 0,99 cm.

12) Em um acidente, quatro indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) foram expostos à radiação de uma fonte pontual. A distância em que cada IOE se encontrava pode ser observada na figura abaixo. Sabendo-se que o indivíduo D recebeu uma dose efetiva de $3,4 \text{ mSv}$ neste acidente, e considerando que o efeito de blindagem do ar é desprezível, assinale a alternativa **CORRETA** que apresenta a dose recebida por cada IOE:



- a) A: $18,7 \text{ mSv}$; B: $1,8 \text{ mSv}$; C: $1,2 \text{ mSv}$; D: $3,4 \text{ mSv}$.
- b) A: $24,8 \text{ mSv}$; B: $1,8 \text{ mSv}$; C: $1,5 \text{ mSv}$; D: $3,4 \text{ mSv}$.
- c) A: $18,7 \text{ mSv}$; B: $2,0 \text{ mSv}$; C: $1,2 \text{ mSv}$; D: $3,4 \text{ mSv}$.
- d) A: $18,7 \text{ mSv}$; B: $1,8 \text{ mSv}$; C: $1,2 \text{ mSv}$; D: $3,4 \text{ mSv}$.
- e) A: $24,8 \text{ mSv}$; B: $2,0 \text{ mSv}$; C: $1,5 \text{ mSv}$; D: $3,4 \text{ mSv}$.

13) Assinale a alternativa que apresenta **CORRETAMENTE** a função principal da blindagem para um detector de germânio hiper puro?

- a) Aumentar a eficiência de detecção do detector.
- b) Reduzir a interferência da radiação de fundo no detector.
- c) Melhorar a resolução energética do detector.
- d) Proteger o detector contra danos físicos.
- e) Aumentar a sensibilidade do detector a partículas alfa.

Nome: _____

14) Sobre o efeito da pressão interna do gás na eficiência de detecção de radiação X e gama por uma câmara de ionização, assinale a alternativa **CORRETA**:

- a) O aumento da pressão do gás diminui a eficiência de detecção.
- b) O aumento da pressão do gás não afeta a eficiência de detecção.
- c) O aumento da pressão do gás aumenta a eficiência de detecção.
- d) A pressão do gás só afeta a eficiência de detecção em câmaras de ionização pulsadas.
- e) A pressão do gás só afeta a resolução temporal da câmara de ionização.

15) Com base no funcionamento e nas características dos detectores de radiação do tipo semicondutor, assinale a alternativa **INCORRETA**:

- a) Os detectores semicondutores de germânio precisam ser operados em temperaturas criogênicas para minimizar a corrente de fuga térmica e, assim, melhorar a resolução em energia.
- b) Em detectores semicondutores, a criação de pares de elétron-buraco pela radiação incidente permite a medição direta da energia depositada pela radiação.
- c) Detectores semicondutores de silício são comumente usados para detecção de partículas carregadas, como a radiação alfa, devido à sua alta eficiência de detecção.
- d) A eficiência de detecção de um detector semicondutor para radiação gama é sempre superior à dos detectores de cintilação de NaI(Tl).
- e) A dopagem de materiais semicondutores é essencial para formar as junções p-n, que são cruciais para o funcionamento dos detectores de semicondutores.

16) Considere o seguinte conjunto de dados: 69, 82, 61, 72, 22, 48, 42, 70, 72, 101, 29, 72, 113. Assinale a alternativa **CORRETA** que apresenta a moda, a média aritmética e a mediana, respectivamente, deste conjunto de dados:

- a) 61; 68,3; 72.
- b) 72; 56,2; 61.
- c) 61; 59,1; 65.
- d) 61; 56,4; 72.
- e) 72; 65,6; 70.

17) A Norma CNEN-NN-8.01, "Gerência de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação", se aplica à seguinte classe de rejeitos:

- a) Rejeitos das classes 1 e 2, acondicionados em embalagens.
- b) Rejeitos classe 1 e classe 2 acondicionados em embalagem, e rejeitos classe 3.
- c) Rejeitos classe 0 e rejeitos classes 2 a granel.
- d) Rejeitos das classes 1 e 3 a granel.
- e) Rejeitos das classes 1, 2 e 3 acondicionados em embalagens.

Nome: _____

18) Quanto aos requisitos normativos da CNEN aplicados aos rejeitos radioativos, assinale a alternativa **INCORRETA**:

- a) Rejeitos de Classe 1 são aqueles com meia-vida inferior ou da ordem de 100 dias, com níveis de atividade ou de concentração de atividade superiores aos respectivos níveis de dispensa.
- b) O armazenamento de rejeitos radioativos da Classe 1 acondicionados em embalagens deve atender aos requisitos estabelecidos na Norma CNEN NN8.02 – “Licenciamento de Depósitos de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação”.
- c) Depósitos iniciais de rejeitos da Classe 1 devem conter com segurança os rejeitos até que possam ser eliminados ou removidos para local determinado pela CNEN.
- d) Os rejeitos radioativos armazenados para decaimento, visando posterior dispensa, devem ser mantidos separados de materiais radioativos em uso e de outros rejeitos a serem armazenados por período longo ou a serem removidos para local determinado pela CNEN.
- e) Os rejeitos radioativos devem ser mantidos separados de outros produtos perigosos, como explosivos, inflamáveis, oxidantes e corrosivos.

19) Considerando o Índice de Transporte (IT) e taxa de dose máxima na superfície, definidos na Norma CNEN NN 5.01, “Regulamento para o Transporte Seguro de Materiais Radioativos”, assinale a alternativa que apresenta a categoria de Volume

CORRETA:

- a) Sendo o $IT = 0$ e a taxa de dose máxima em qualquer ponto da superfície externa do volume = $0,6 \text{ mSv/h}$, a categoria do volume é I – Branco.
- b) Sendo o $IT = 0,6$ e a taxa de dose máxima em qualquer ponto da superfície externa do volume = 50 mSv/h , a categoria do volume é II - Amarelo.
- c) Sendo o $IT = 1$ e a taxa de dose máxima em qualquer ponto da superfície externa do volume = 10 mSv/h , a categoria do volume é II – Amarelo.
- d) Sendo o $IT = 2$ e a taxa de dose máxima em qualquer ponto da superfície externa do volume = 7 mSv/h , a categoria do volume é II – Amarelo.
- e) Sendo $IT = 0,9$ e a taxa de dose máxima em qualquer ponto da superfície externa do volume = 10 mSv/h , a categoria do volume é III - Amarela e Sob Uso Exclusivo

Nome: _____

20) Sobre a Norma CNEN NN 5.01, “Regulamento para o Transporte Seguro de Materiais Radioativos”, é **CORRETO** afirmar que a mesma se aplica a:

- a) Medidas adotadas para prevenir a sabotagem de uma operação de transporte.
- b) Material radioativo que seja parte integrante da unidade de transporte.
- c) Material radioativo movimentado no interior de depósitos de rejeitos radioativos, desde que tal movimentação não envolva a utilização de ferrovias ou vias públicas.
- d) Material radioativo ingerido por pessoa a ser transportada para receber tratamento médico.
- e) Minérios contendo radionuclídeos de ocorrência natural que possam ter sido processados, cuja concentração de atividade exceda 10 vezes os valores especificados na Tabela II da Norma CNEN NN 5.01.

Nome: _____

RASCUNHO

Nome: _____

RASCUNHO

Nome: _____

RASCUNHO

Nome: _____

RASCUNHO



Serviço Público Federal
Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicação
Comissão Nacional de Energia Nuclear
Diretoria de Radioproteção e Segurança Nuclear

**CERTIFICAÇÃO DA QUALIFICAÇÃO DE SUPERVISOR DE PROTEÇÃO
RADIOLÓGICA
Prova Geral – Classe I**

Data: 04 de setembro de 2024

Nome: _____

CPF: _____

FOLHA DE RESPOSTA

QUESTÃO	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

OBS: Esta folha resposta deverá ser devolvida aos monitores de prova.