

# ANEXO IV

## **PROGRAMA DA PROVA GERAL**

### FUNDAMENTOS DE FÍSICA ATÔMICA E NUCLEAR

#### Estrutura da Matéria:

- Estrutura do átomo, do núcleo;
- Equivalência entre massa e energia;
- Transições atômicas e nucleares.

#### Radiações Eletromagnéticas e Radiações Ionizantes:

- Origem, conceito;
- Radioatividade: tipos de desintegração, atividade, decaimento, constante de desintegração, meia-vida física,
- Vida-média, séries radioativas naturais, equilíbrio secular;
- Tipos e propriedades das partículas alfa, beta, nêutrons, radiações X e gama;
- Fontes de radiação naturais, artificiais.

#### Interação da Radiação com a Matéria:

- Ionização, excitação e ativação;
- Efeito fotoelétrico, espalhamento Compton, formação de pares;
- Transferência de energia;
- Atenuação;
- Energia das radiações, alcance, penetração.

### EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES

Mecanismos de interação das radiações com o tecido humano.

#### Efeitos biológicos provocados pela radiação:

- Tempo de latência;
- Danos radioinduzidos, reversibilidade ou não do dano;
- Transmissividade nas células.

Transferência linear de energia e eficácia biológica relativa.

Efeitos estocásticos e efeitos determinísticos.

Meia-vida biológica e meia-vida efetiva.

### SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Princípios Básicos de Proteção Radiológica: justificção, limitação de dose e otimização.

Restrição de dose. Nível de Registro. Nível de Investigação.

Segurança radiológica: proteção física, defesa em profundidade, boas práticas de engenharia.

Grandezas e unidades empregadas em proteção radiológica.

Fatores de proteção radiológica:

- Tempo de exposição;
- Lei do inverso do quadrado da distância;
- Blindagem para os diferentes tipos de radiações ionizantes.

Classificação de áreas.

Noções de cálculo de blindagem X e gama.

Resposta a emergências radiológicas: fase inicial, fase intermediária ou de controle e fase final ou fase de recuperação.

Nível de referência, nível de intervenção, nível de ação

Descontaminação.

Regulamentação e Diretrizes Básicas em Proteção Radiológica.

Proteção física de fontes: níveis de proteção, procedimentos, Plano de Proteção Física.

## INSTRUMENTAÇÃO NUCLEAR E ESTATÍSTICA – MEDIÇÃO

Princípios de detecção da radiação.

Detectores de Radiação

Propriedades dos instrumentos de medição:

- Equilíbrio eletrônico;
- Dependência energética, direcional;
- Eficiência intrínseca, tempo morto;
- Aferição/calibração.

Estatística:

- Fundamentos da teoria estatística;
- Determinação de incertezas nas medidas;
- Média aritmética, média ponderada, mediana, moda;
- Variância, desvio padrão e coeficiente de variação;
- Intervalo de confiança.

Controle operacional de equipamentos, operação, manutenção preventiva.

Procedimentos para calibração/aferição.

Monitoração: de área e individual externa e interna (exposição e contaminação).

## GERÊNCIA DE REJEITOS RADIOATIVOS

Origem dos rejeitos radioativos (atividades geradoras de rejeitos);

Critérios de exclusão, isenção e dispensa de requisitos de proteção radiológica;

Princípios da gerência de rejeitos radioativos;

Classificação dos rejeitos radioativos;

Requisitos gerais da gerência de rejeitos radioativos;

Segregação, acondicionamento, identificação, registro e tratamento de rejeitos radioativos

Armazenamento inicial, armazenamento intermediário e deposição de rejeitos radioativos

Dispensa de rejeitos sólidos, líquidos e gasosos

## TRANSPORTE DE MATERIAIS RADIOATIVOS

Especificações sobre materiais radioativos para fins de transporte.

Seleção do tipo de embalado.

Requisitos de projeto para embalados.

Radioproteção e segurança no transporte.

Responsabilidades e requisitos administrativos no transporte de materiais radiativos.

## **BIBLIOGRAFIA DA PROVA GERAL**

1. Norma CNEN NN 3.01 Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf> e **respectivas Posições Regulatórias:**
  - a. 3.01 / 001:2011 - Critérios de exclusão, isenção e dispensa de requisitos de proteção radiológica. Disponível em: [http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301\\_01.pdf](http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_01.pdf)
  - b. 3.01 / 002:2011 - Fatores de ponderação para as grandezas de proteção radiológica. Disponível em: [http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301\\_02.pdf](http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_02.pdf)
  - c. 3.01 / 003:2011 - Coeficientes de dose para indivíduos ocupacionalmente expostos. Disponível em: [http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301\\_03.pdf](http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_03.pdf)

- d. 3.01 / 004:2011 - Restrição de dose, níveis de referência ocupacionais e classificação de áreas; Disponível em:  
[http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301\\_04.pdf](http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_04.pdf)
  - e. 3.01 / 005:2011 - Critérios de cálculo de dose efetiva a partir da monitoração individual; Disponível em:  
[http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301\\_05.pdf](http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_05.pdf)
  - f. 3.01 / 006:2011 - Medidas de proteção e critérios de intervenção em situações de emergência; Disponível em:  
[http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301\\_06.pdf](http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_06.pdf)
  - g. 3.01 / 007:2005 - Níveis de intervenção e de ação para exposição crônica; Disponível em: [http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301\\_07.pdf](http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_07.pdf)
  - h. 3.01 / 008:2011 - Programa de monitoração radiológica ambiental; Disponível em: [http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301\\_08.pdf](http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_08.pdf)
  - i. 3.01 / 009:2011 - Modelo para elaboração de relatórios de programa de monitoração radiológica ambiental. Disponível em:  
[http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301\\_09.pdf](http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_09.pdf)
  - j. 3.01 / 010:2011 - Níveis de dose para notificação à CNEN; Disponível em:  
[http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301\\_10.pdf](http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_10.pdf)
  - k. 3.01 / 011:2011 - Coeficientes de Dose para Exposição do Público; Disponível em: [http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301\\_11.pdf](http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_11.pdf)
2. Norma CNEN NE 3.02 Serviços de Radioproteção. Disponível em:  
<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm302.pdf>
  3. Norma CNEN NN 7.01 Certificação da Qualificação de Supervisores de Proteção Radiológica. Disponível em:  
<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm701.pdf>
  4. Norma CNEN NE 5.01 Transporte de Materiais Radioativos e respectiva Posição Regulatória. Disponível em:  
[http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/certificacao/2021/Nrm501\\_1988.pdf](http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/certificacao/2021/Nrm501_1988.pdf).
  5. Norma CNEN NN 8.01 Gerência de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm801.pdf>
  6. Norma CNEN NN 8.02 Licenciamento de Depósitos de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação. Disponível em:  
<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm802.pdf>
  7. Norma CNEN NN 2.06 Proteção física de fontes radioativas e instalações radiativas associadas. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm206.pdf>
  8. Attix, F. H. - Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry - J. Wiley and Sons, New York, 2000.
  9. Bitelli, T. - Física e Dosimetria das Radiações. Ed. Atheneu. 2ª edição. 2006.
  10. Chung, K. C. Introdução a Física Nuclear. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2001.
  11. Eric J. Hall, E.J.; Giaccia, A.J. Radiobiology for the radiologist. 7 ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2012.
  12. Glenn F. Knoll - Radiation Detection and Measurement, 4ª Edição. John Wiley & Sons, Inc. 2010.
  13. Heilbron Filho, P.F. et alli. - Segurança Nuclear e Proteção do Meio Ambiente, E-papers Serviços Editoriais, Rio de Janeiro, 2004.

14. Okuno, Emico & Yoshimura, Elizabeth - Física das Radiações, 1ª Edição. Oficina de Textos, 2010.
15. Tauhata, L., et al. - Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos – IRD/CNEN, 10ª Revisão, 2014. Disponível em : <http://www.ird.gov.br/index.php/material-didatico/send/36-apostilas/105-radioprotecao-e-dosimetria-fundamentos-final-i>
16. Tsoulfanidis, N. - Measurement and Detection of Radiation - Hemisphere Publishing Corporation, 1995.
17. Shapiro, J. – Radiation protection: a guide for scientists, regulators, and physicians, 4<sup>th</sup> ed., Harvard University Press, 2002.
18. Turner, J. E. – Atoms, Radiation, and Radiation Protection, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley-VCH, 2007.
19. Stabin, M.G. – Radiation Protection and Dosimetry: An introduction to Health Physics, 1<sup>st</sup> ed., Springer, 2007.
20. Xavier, A.M. et al. – Princípios de Segurança e Proteção Radiológica, 3ª Edição, Revisada e Ampliada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2014. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/component/content/article?id=170>
21. Tahuata, L., Almeida, E. S. Estatística, teoria de erros e processamento de dados. Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes - Instituto de Radioproteção e Dosimetria/CNEN. Disponível em: <http://www.ird.gov.br/index.php/material-didatico/send/36-apostilas/98-estatistica-teoria-de-erros-e-processamento-de-dados>
22. IRD/CNEN. Grandezas e Unidades para radiação ionizante, Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes - Instituto de Radioproteção e Dosimetria/CNEN.2011. Disponível em: <http://www.ird.gov.br/index.php/material-didatico/send/36-apostilas/104-grandezas-e-unidades-2011>
23. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA - Occupational Radiation Protection - General Safety Guide 7. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2018. Disponível em: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1785\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1785_web.pdf)
24. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IAEA. Safety Guide No. RS-G-1.8, Environmental and source monitoring for purposes of radiation protection, Vienna: International Atomic Energy Agency, 2005. Disponível em: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1216\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1216_web.pdf)
25. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IAEA General Safety Guide 8. Radiation Protection of the Public and the Environment, Vienna: International Atomic Energy Agency, 2018. Disponível em: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1781\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1781_web.pdf)
26. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IAEA General Safety Guide N° GSG-1, Classification of radioactive waste, Vienna, International Atomic Energy Agency, 2009. Disponível em: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1419\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1419_web.pdf)