

# TÓPICOS ESPECIAIS: PROTEÇÃO RADIOLÓGICA APLICADA A INDÚSTRIA

Prof. Luciano Santa Rita

E-mail: [tecnólogo@lucianosantarita.pro.br](mailto:tecnólogo@lucianosantarita.pro.br)

Site: [www.lucianosantarita.pro.br](http://www.lucianosantarita.pro.br)



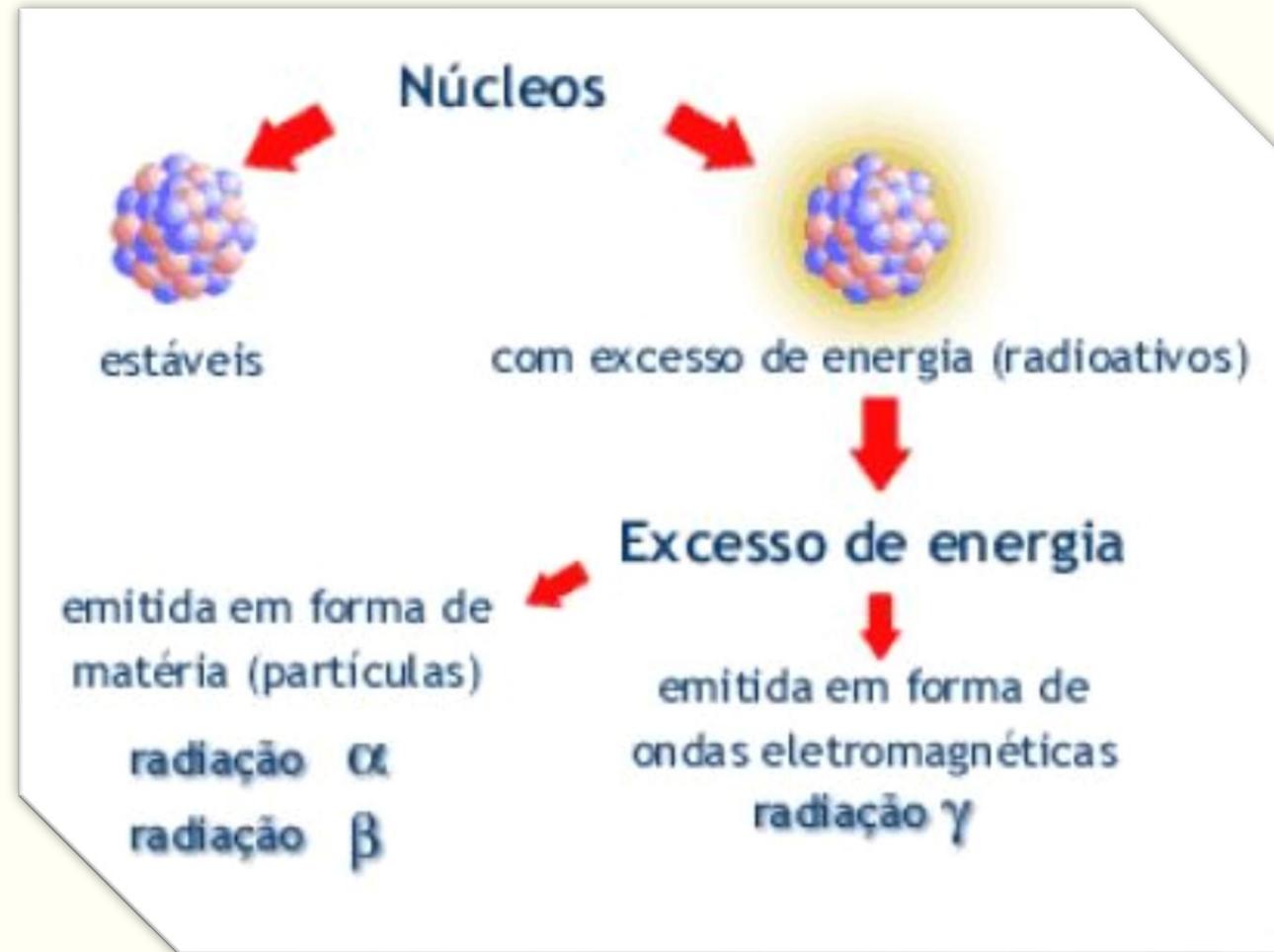
# Sumário

---

- Radioatividade
- Radiações diretamente e indiretamente ionizantes
- Interações das radiações indiretamente ionizantes com a matéria
- Categorização de fontes de radiação ionizante
- Conceitos e legislação em proteção radiológica (PR da norma 3.01)
- Níveis de restrição de dose e de ação
- Serviço de Proteção Radiológica
- Operação de monitores de radiação
- Cálculo de doses ocupacionais e adequação de áreas
- Adequação e controle de áreas de segurança

# Radioatividade

---



□ É a emissão de partículas e energia, com o intuito de atingir a estabilidade.

# Radiatividade

## Decaimento beta negativo

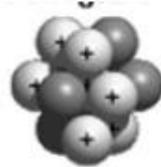
Carbono-14



6 prótons  
8 nêutrons



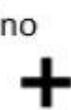
Nitrogênio-14



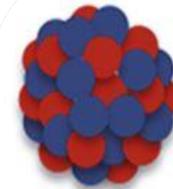
7 prótons  
7 nêutrons



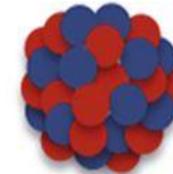
Antineutrino



Elétron



Núcleo



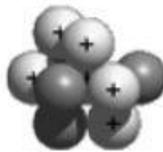
Núcleo  
con dos prótons  
y dos neutrones  
menos

Partícula  
alfa

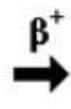
● Protón  
● Neutrón

## Decaimento beta positivo

Carbono-10



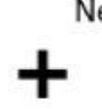
6 prótons  
4 nêutrons



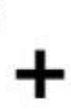
Boro-10



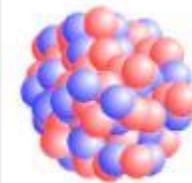
5 prótons  
5 nêutrons



Neutrino



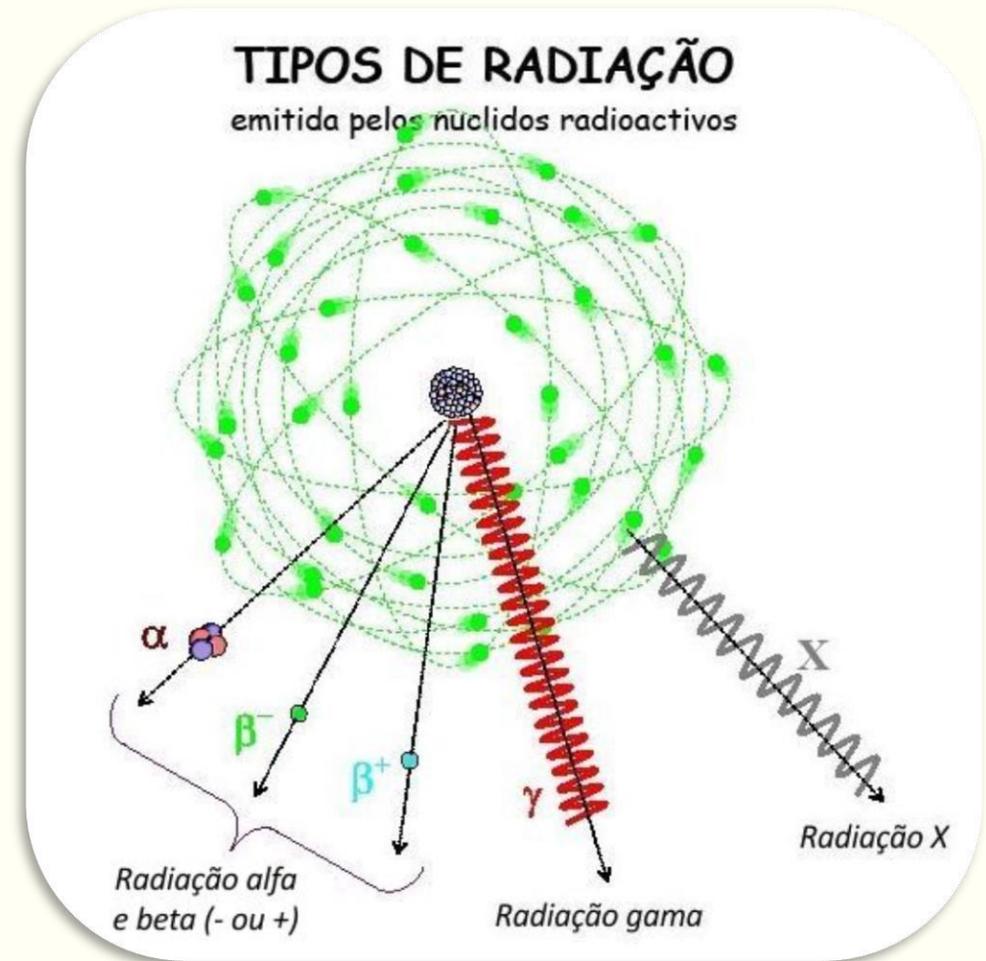
Pósitron



$\gamma$

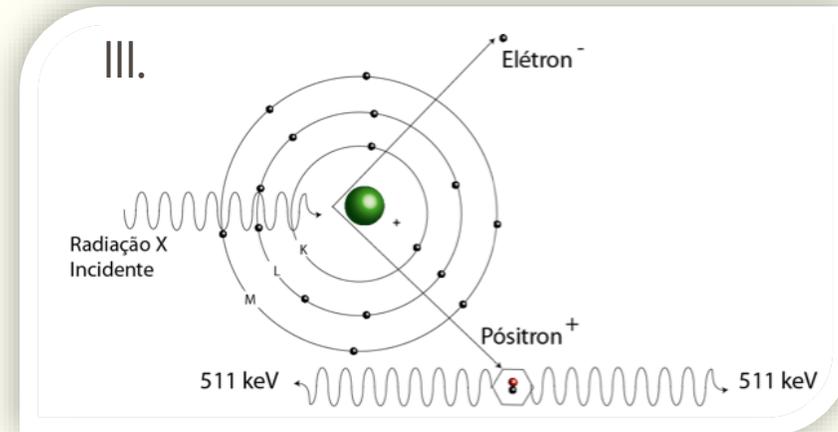
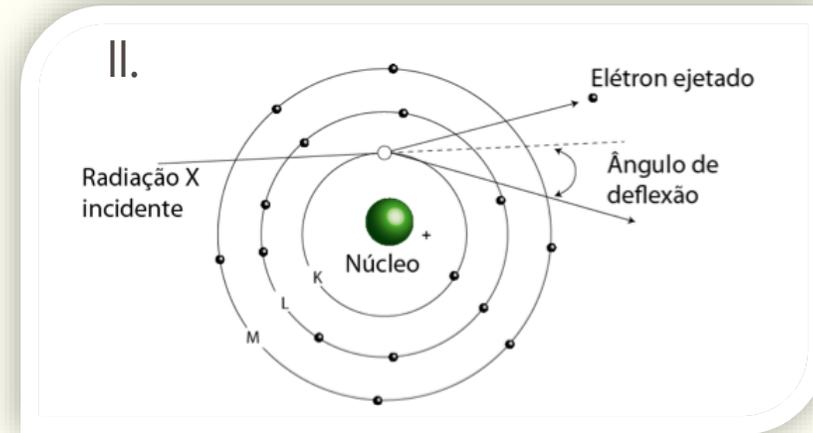
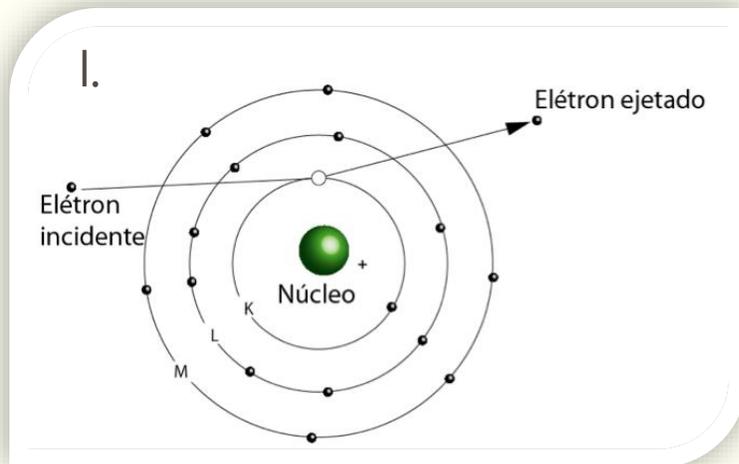
# Radiações direta e indiretamente ionizante

- ❑ **Radiações diretamente ionizante:** possuem carga elétrica, ionizam diretamente a matéria. Exemplos: partículas alfa e beta.
- ❑ **Radiações indiretamente ionizante:** não possuem carga elétrica, transferem sua energia para uma partícula com carga elétrica e esta ioniza a matéria. Exemplos: raios X, raios gama e nêutrons.

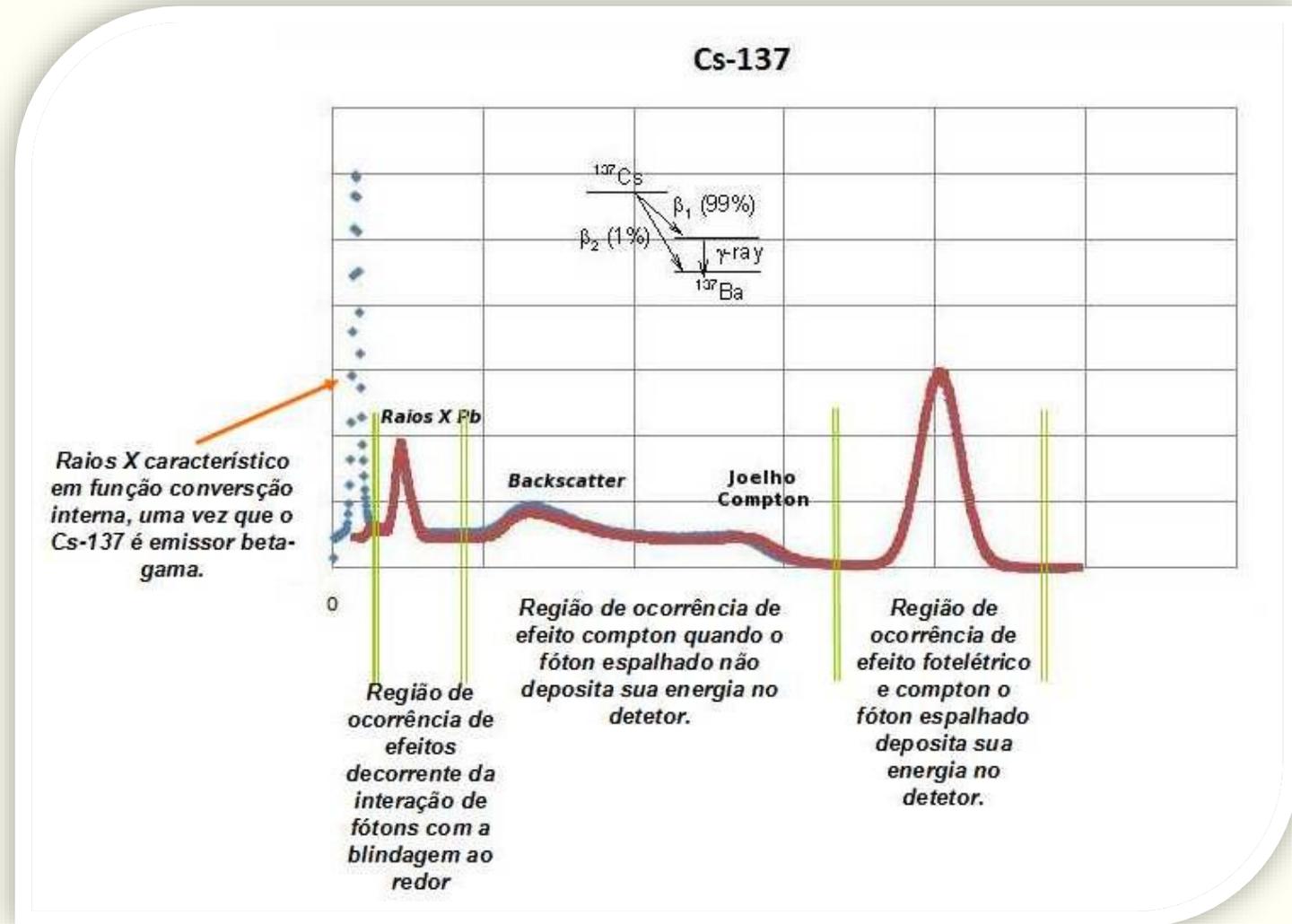


# Interação das radiações eletromagnéticas ionizantes com a matéria

- I. Efeito fotoelétrico
- II. Efeito Compton
- III. Produção de par



# Interação das radiações eletromagnéticas ionizantes com a matéria - Aplicação



- Efeito fotoelétrico
- Efeito Compton
- Raios X característico

# Categorização de fontes pela AIEA (IAEA -TECDOC-1344)

---

| <b>Categoria</b> | <b>Fonte</b>               | <b>Exemplos</b>   | <b>Atividade (TBq)</b>  |
|------------------|----------------------------|---|---|
| 1                | Extremamente perigosa      | Radioterapia ( $^{60}\text{Co}$ )   | $4,0 \times 10^3$   |
| 2                | Muito perigosa             | Gamagrafia ( $^{60}\text{Co}$ , $^{192}\text{Ir}$ e $^{75}\text{Se}$ ),<br>Braquiterapia HDR ( $^{192}\text{Ir}$ e $^{60}\text{Co}$ ) | $6,0 \times 10^1 - 1,0 \times 10^2$<br>$6,0 \times 10^0 - 1,0 \times 10^1$          |
| 3                | Perigosa                   | Medidores de nível ( $^{60}\text{Co}$ e $^{137}\text{Cs}$ )   | $5,0 \times 10^0$   |
| 4                | Provavelmente não perigosa | Medidores de espessura ( $^{85}\text{Kr}$ e $^{90}\text{Sr}$ ),<br>Braquiterapia LDR ( $^{125}\text{I}$ e $^{198}\text{Au}$ )         | $1,0 \times 10^{-1} - 1,0 \times 10^0$<br>$4,0 \times 10^{-2} - 8,0 \times 10^{-2}$ |
| 5                | Não perigosa               | PET ( $^{68}\text{Ge}$ )  | $3,0 \times 10^{-3}$  |

- ❖ Categoria 1:  $(A/D) > 1000$
- ❖ Categoria 2:  $(A/D) 10,0 - 1000$
- ❖ Categoria 3:  $(A/D) 1,0 - 10,0$
- ❖ Categoria 4:  $(A/D) 0,01 - 1,0$
- ❖ Categoria 5:  $(A/D) < 0,01$

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

- ❑ A proteção radiológica pode ser compreendida como um conjunto de medidas que visam proteger o homem, seus descendentes e seu meio ambiente contra possíveis efeitos indevidos causados por radiação ionizante proveniente de fontes produzidas pelo homem e fontes naturais modificadas tecnologicamente.
- ❑ Ela tem por objetivos minimizar os riscos de efeitos biológicos no ser humano, limitar doses ocupacionais e diminuir a probabilidade de efeitos de longo prazo (câncer, efeitos genéticos, etc.).

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

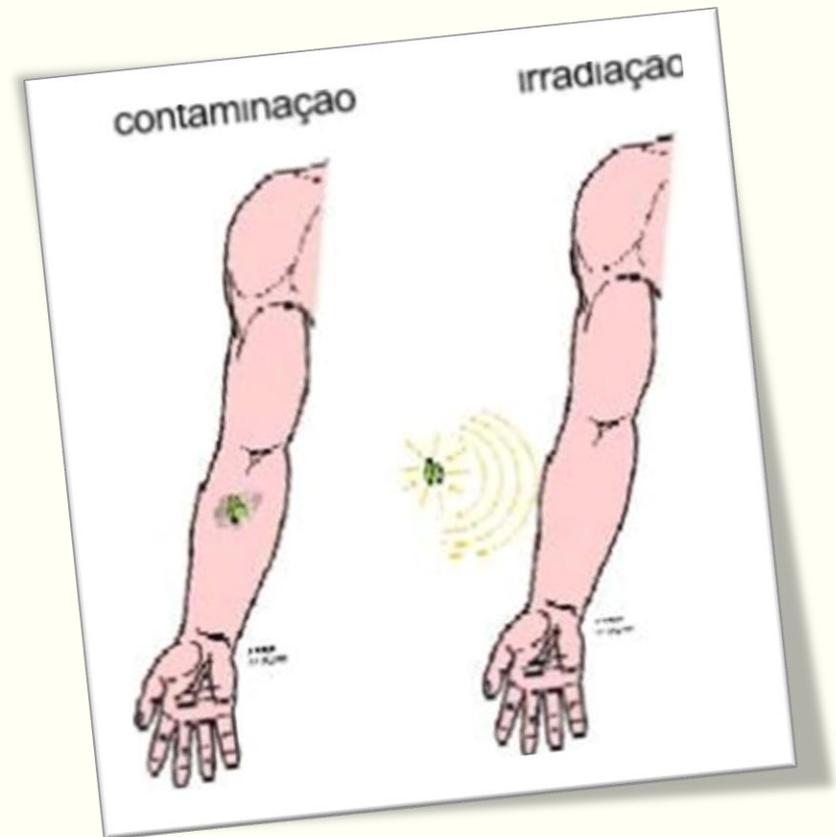
## □ Requisitos básicos de proteção básicos de proteção radiológica (NN 3.01)

- ❖ **Justificação** - 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.
- ❖ **Limitação de dose** - 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 o limite de dose especificado na tabela a seguir, salvo em circunstâncias especiais, autorizadas pela CNEN. Esses limites de dose não se aplicam às exposições médicas.
- ❖ **Otimização** - Em relação às exposições causadas por uma determinada fonte associada a uma prática, a proteção radiológica deve ser otimizada de forma que a magnitude das doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de ocorrência de exposições mantenham-se tão baixas quanto possa ser razoavelmente exequível (Princípio ALARA), tendo em conta os fatores econômicos e sociais. Nesse processo de otimização, deve ser observado que as doses nos indivíduos decorrentes de exposição à fonte devem estar sujeitas às restrições de dose relacionadas a essa fonte.

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

- ❑ Para haver contaminação tem existir material radioativo no ambiente e a pessoa ou objeto ter contato com o material radioativo.
- ❑ De outra maneira o que esta ocorrendo é um processo de irradiação.
- ❑ Uma pessoa ou objeto contaminado permanece sofrendo irradiação até que o mesmo seja descontaminado.



# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

## □ Diretrizes básicas de proteção radiológica

- ❖ **Objetivo:** Estabelecer os requisitos básicos de proteção radiológica das pessoas em relação à exposição à radiação ionizante.
- ❖ **Campo de aplicação:** Se aplica as práticas, incluindo todas as fontes associadas a essas práticas, bem como a intervenções. Assim como às exposições ocupacionais, exposições médicas e exposições do público, em situações de exposições normais ou exposições potenciais.
- ❖ **Exclusão:**
  - Estão excluídas do escopo desta Norma quaisquer *exposições* cuja intensidade ou probabilidade de ocorrência não sejam suscetíveis ao controle regulatório, a critério da *CNEN*, ou aqueles casos que a *CNEN* vier a considerar que estas diretrizes não se aplicam.
  - As práticas de radiodiagnóstico médico e odontológico são regulamentadas por Portaria do Ministério da Saúde.

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

- ❑ As posições regulatórias são documentos complementares as normas CNEN, com o mesmo valor legal e também são de cumprimento obrigatório. Atualmente, as normas absorvem as posições regulatórias (PR) para simplificar o entendimento e a sua aplicação.
  
- ❑ Posições regulatórias da norma CNEN NN 3.01
  - ❖ PR-3.01/001: Critérios de Exclusão, Isenção e Dispensa de Requisitos de Proteção Radiológica;
  - ❖ PR-3.01/002: Fatores de Ponderação para as Grandezas de Proteção Radiológica;
  - ❖ PR-3.01/003: Coeficientes de Dose para Indivíduos Ocupacionalmente Expostos;
  - ❖ PR-3.01/004: Restrição de Dose, Níveis de Referência Ocupacionais e Classificação de Áreas;
  - ❖ PR-3.01/005: Critérios para o Cálculo de Dose Efetiva a partir da Monitoração Individual;
  - ❖ PR-3.01/006: Medidas de Proteção e Critérios de Intervenção em Situações de Emergência;
  - ❖ PR-3.01/007: Níveis de Intervenção e de Ação para Exposição Crônica;
  - ❖ PR-3.01/008: Programa de Monitoração Radiológica Ambiental;
  - ❖ PR-3.01/009: Modelo para a Elaboração de Relatórios de Programas de Monitoração Radiológica Ambiental;
  - ❖ PR-3.01/0010: Níveis de Dose para Notificação à CNEN; e
  - ❖ PR-3.01/0011: Coeficientes de Dose para Exposição do Público.

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

## ☐ Posições regulatórias da norma CNEN NN 3.01

- ❖ PR-3.01/001: Critérios de Exclusão, Isenção e Dispensa de Requisitos de Proteção Radiológica;

- Continua

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

## ☐ Posições regulatórias da norma CNEN NN 3.01

### ❖ PR-3.01/008: Programa de Monitoração Radiológica Ambiental;

- 5.14.1c dispõe que, “em relação às fontes sob sua responsabilidade, os titulares devem estabelecer, implementar e manter medidas para estimar a exposição do público, incluindo, quando aplicável, **programa de monitoração radiológica ambiental**”
- 5.6.2 confere ao titular a **responsabilidade** “pela monitoração radiológica e medição dos parâmetros necessários para verificar o cumprimento dos requisitos prescritos por esta Norma”
- 5.6.3 e 5.6.4 estabelecem, respectivamente, que “para fins de monitoração e verificação do cumprimento dos requisitos de proteção radiológica, o titular deve dispor de procedimentos e instrumentação suficientes e adequados, usando como referência **padrões rastreáveis**”.

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

## □ Posições regulatórias da norma CNEN NN 3.01

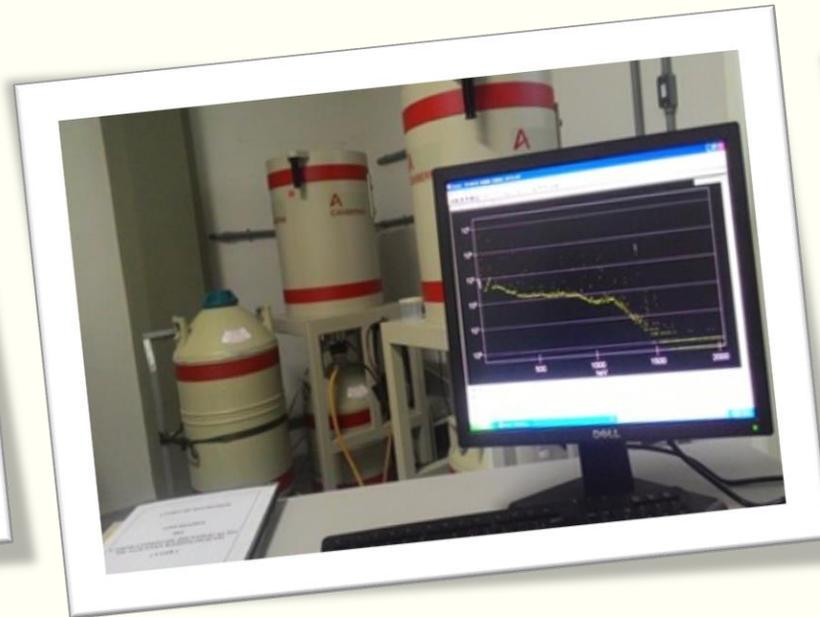
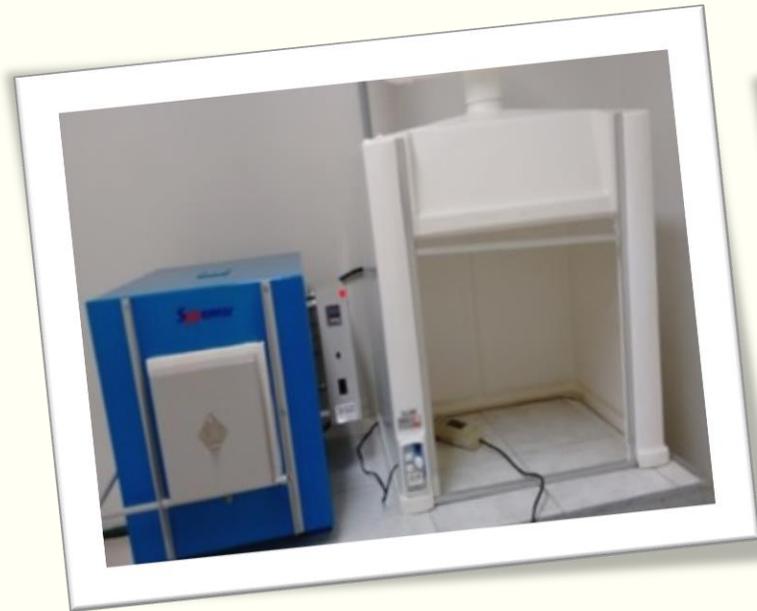
### ❖ PR-3.01/008: Programa de Monitoração Radiológica Ambiental;

- Entende-se por **monitoração ambiental** o processo planejado e sistemático de realizar medições de campos de radiação, de radioatividade e de outros parâmetros no meio ambiente, incluindo a interpretação dos resultados dessas medições, com o objetivo de caracterizar, avaliar ou controlar a exposição do indivíduo do público, em especial do grupo crítico, resultante de uma prática. A monitoração ambiental é realizada por meio da condução de um Programa de Monitoração Radiológica Ambiental (PMRA).
- O PMRA é concebido para complementar os programas de controle da fonte e da descarga de efluentes radioativos.
- O PMRA deve ser conduzido durante os diversos estágios do processo de obtenção de licença, autorização ou outro ato administrativo pertinente, emitido pela CNEN. Um PMRA é dividido nas seguintes fases: Pré-operacional, operacional, descomissionamento e pós-descomissionamento.

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

❑ Aplicação: Laboratório de monitoração ambiental



# Norma CNEN NN 3.01 e posições regulatórias

---

## □ Posições regulatórias da norma CNEN NN 3.01

### ❖ PR-3.01/010: Nível de dose para notificação a CNEN;

- 5.7.8 determina que os titulares devem relatar imediatamente à CNEN as situações em que os níveis de dose especificados para fins de notificação forem atingidos.
- 5.14.4.f estabelece que o titular deve comunicar imediatamente à CNEN qualquer liberação que exceda os níveis operacionais de liberação especificados para fins de notificação.
- A CNEN deve ser imediatamente notificada sempre que a dose recebida por algum IOE, decorrente de exposição à fonte, em um período de doze meses consecutivos ultrapassar o **nível de restrição** efetiva estabelecido como resultado do processo de otimização da proteção radiológica.
  - ✓ valor inferior ao limite de dose estabelecido pela CNEN como uma restrição prospectiva nas doses individuais relacionadas a uma determinada fonte de radiação ionizante, utilizado como limite superior no processo de otimização relativo a essa fonte.

# Norma CNEN NN 3.01 e posições regulatórias

---

## □ Posições regulatórias da norma CNEN NN 3.01

### ❖ PR-3.01/010: Nível de dose para notificação a CNEN;

- A notificação a CNEN quando o nível de restrição for ultrapassado deverá incluir, no mínimo, as seguintes informações:
  - a) descrição do evento que deu origem à sobre exposição;
  - b) taxa de dose a que o IOE foi submetido;
  - c) medidas iniciais adotadas;
  - d) ações de investigação levadas a efeito e suas conclusões; e
  - e) medidas adotadas para evitar a repetição do evento.
- A CNEN deve ser imediatamente notificada sempre que houver qualquer ocorrência ou resultado de monitoração que indique haver a possibilidade de restrição de dose no grupo crítico ou quando a exposição de qualquer outro grupo de indivíduos do público ultrapassar o respectivo limite anual.

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

## ☐ Posições regulatórias da norma CNEN NN 3.01

❖ PR-3.01/004: Restrição de dose Níveis de referência ocupacionais e Classificação de áreas;

- 5.3.8(n) dispõe que o titular deve submeter à aprovação da CNEN um Plano de Proteção Radiológica, contendo, no mínimo, as seguintes informações: ... *níveis operacionais* e demais restrições adotados;
- 5.4.3.1 dispõe que em relação às exposições causadas por uma determinada fonte associada a uma prática, a proteção radiológica deve ser otimizada, sendo observado que as doses nos indivíduos decorrentes de exposição à fonte devem estar sujeitas às restrições de dose relacionadas a essa fonte.
- 5.8 dispõe que para fins de gerenciamento da proteção radiológica, os titulares devem **classificar** as áreas de trabalho com radiação ou material radioativo em áreas **controladas**, áreas **supervisionadas** ou áreas **livres**, conforme apropriado.

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

## ☐ Posições regulatórias da norma CNEN NN 3.01

❖ PR-3.01/004: Restrição de dose Níveis de referência ocupacionais e Classificação de áreas;

- **Restrição de dose:** valor inferior ao limite de dose estabelecido pela CNEN como uma restrição prospectiva nas doses individuais relacionadas a uma determinada fonte de radiação ionizante, utilizado como limite superior no processo de otimização relativo a essa fonte. Tem a finalidade de garantir um nível adequado de proteção individual para cada IOE.
- **Níveis de referência:** níveis de dose, ou grandeza a ela relacionada, estabelecidos ou aprovados pela CNEN, com a finalidade de determinar ações a serem desenvolvidas quando esses níveis forem alcançados ou previstos de serem excedidos. Esses níveis incluem os níveis de **registro**, níveis de **investigação**, níveis de **ação** e níveis de **intervenção**.

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

## ☐ Posições regulatórias da norma CNEN NN 3.01

❖ PR-3.01/004: Restrição de dose Níveis de referência ocupacionais e Classificação de áreas;

➤ **Nível de registro:** nível de referência aplicado a monitoração individual mensal de IOE de 0,20 mSv para dose efetiva: todas as doses maiores ou iguais a 0,20 mSv devem ser registradas, embora possa ser feito também o registro das doses abaixo desse nível.

➤ **Nível de investigação:** nível de referência aplicado a monitoração individual do IOE, para dose efetiva, 6 mSv por ano ou 1 mSv em qualquer mês. Para dose equivalente, o nível de investigação para pele, mãos e pés é de 150 mSv por ano ou 20 mSv em qualquer mês. Para o cristalino, o nível de investigação é de 6 mSv por ano ou 1 mSv em qualquer mês. *Este nível sendo alcançado torna necessária* a avaliação das causas e consequências dos fatos que levaram à detecção deste nível, bem como a *proposição de ações corretivas necessárias*.

✓ *Níveis operacionais para fins de registro de monitoração em períodos inferiores ou superiores ao período mensal devem ser submetidos à aprovação da CNEN.*

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

## ☐ Posições regulatórias da norma CNEN NN 3.01

❖ PR-3.01/004: Restrição de dose Níveis de referência ocupacionais e Classificação de áreas;

- **Nível de ação:** valores de taxa de dose ou de concentração de atividade, estabelecidos com base em modelo de exposição realista da situação, acima dos quais devem ser adotadas ações protetoras ou remediadoras em situações de emergência ou de exposição crônica, de modo que sua adoção implique em certeza da observância dos níveis de intervenção correspondentes.
- **Nível de intervenção:** nível de dose evitável, que leva à implementação de uma ação remediadora ou protetora específica, em uma situação de emergência ou de exposição crônica. A posição regulatória PR 3.01/007 considera sempre justificada a intervenção quando a dose existente for superior a 50 mSv por ano.

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

## ☐ Posições regulatórias da norma CNEN NN 3.01

❖ PR-3.01/004: Restrição de dose Níveis de referência ocupacionais e Classificação de áreas;

### ➤ Classificação de áreas:

- ✓ O sistema de classificação de áreas é proposto para auxiliar o controle das exposições ocupacionais. Considera a designação dos **locais de trabalho** em dois tipos de áreas: áreas **controladas** e áreas **supervisionadas**.
- ✓ As áreas devem ser classificadas sempre que houver previsão de exposição ocupacional e definidas claramente no Plano de Proteção Radiológica (PPR). Essa **classificação deve ser revista, sempre que necessário**, em função do modo de operação ou de qualquer modificação que possa alterar as condições de exposição normal ou potencial.
- ✓ Fora das áreas designadas como controladas ou supervisionadas as áreas são denominadas **áreas livres**, do ponto de vista de proteção radiológica ocupacional.

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

## ☐ Posições regulatórias da norma CNEN NN 3.01 - PR-3.01/004:

### ❖ Classificação de áreas: Controladas

- ✓ Deve ser classificada como área controlada qualquer área na qual medidas específicas de proteção radiológica são ou podem ser necessárias para:
  - i. controlar as exposições de rotina e evitar contaminação durante as condições normais de operação
  - ii. evitar ou limitar a extensão das exposições potenciais.
- ✓ Valores de taxa de dose baseados numa fração do limite de dose podem ser definidos em **3/10 do limite de dose**, desde que se faça uma avaliação cuidadosa, avaliando o risco de exposições potenciais.
- ✓ O trabalho com fontes radioativas não seladas está sempre associado à possibilidade de incorporação de radionuclídeos, sendo necessária a avaliação da delimitação de áreas controladas.
- ✓ No estabelecimento das áreas controladas, o titular pode utilizar as barreiras físicas existentes, tais como paredes de salas ou prédios. Isso pode acarretar áreas maiores do que as estritamente necessárias com base apenas nas considerações de proteção radiológica.

# Conceitos e Legislação em proteção Radiológica

---

□ Posições regulatórias da norma CNEN NN 3.01 - PR-3.01/004:

## ❖ Classificação de áreas: Supervisionadas

- ✓ Deve ser classificada como área supervisionada qualquer área sob vigilância não classificada como controlada, mas onde as condições de exposição ocupacional necessitam ser mantidas sob supervisão.
- ✓ *Após a definição das condições limites entre área controlada e área supervisionada, a classificação da área deve ser mantida como supervisionada enquanto a taxa se mantiver maior que 1 mSv/ano.*
- ✓ O estabelecimento de uma área supervisionada no entorno de uma área controlada pode ser dispensado desde que os requisitos de proteção radiológica implementados dentro da área controlada sejam suficientes.

# Limitação de dose individual (CNEN-NN 3.01)

| Limites de Dose Anuais [a] |               |  |                             |
|----------------------------|---------------|--|-----------------------------|
| Grandeza                   | Órgão         | <i>Indivíduo ocupacionalmente exposto</i>                    | <i>Indivíduo do público</i> |
| <i>Dose efetiva</i>        | Corpo inteiro | 20 mSv [b]   | 1 mSv [c]                   |
| <i>Dose equivalente</i>    | Cristalino    | 20 mSv [b]<br><i>(Alterado pela Resolução CNEN 114/2011)</i> | 15 mSv                      |
|                            | Pele [d]      | 500 mSv  | 50 mSv                      |
|                            | Mãos e pés    | 500 mSv  | ---                         |

# Serviço de proteção radiológica

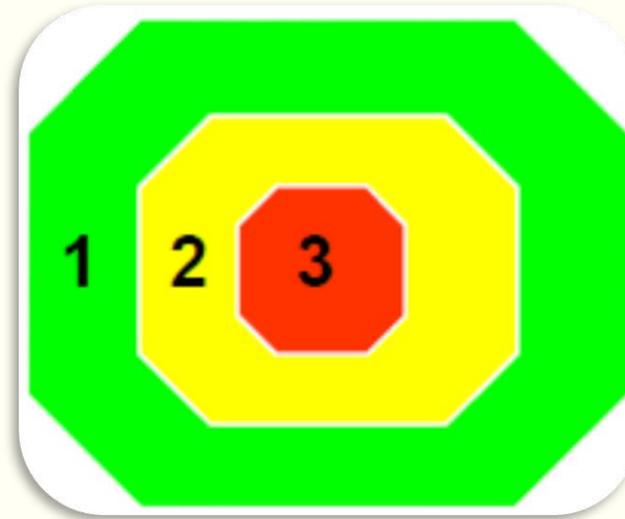
---

- Continua...

# O que faz um Serviço de proteção Radiológica?

---

1. Classificação e adequação de áreas;
2. Controle dosimétrico dos IOEs;
3. Planejamento de doses ocupacionais;
4. Garantir as doses planejadas nas áreas com exposição ocupacional;
5. Garantir a adequação das áreas com classificação livre;
6. Otimizar a proteção radiológica evitando efeitos determinísticos e prevenindo estocásticos;
7. Controle do histórico de doses para possíveis ações não usuais ou emergenciais



1. Área livre
2. Área supervisionada
3. Área controlada



# Definição de um IOE

---

- IOE (Indivíduo Ocupacionalmente Exposto) - indivíduo sujeito à exposição ocupacional
- Exposição ocupacional - exposição (submetido à radiação ionizante) *normal ou potencial* de um indivíduo em decorrência de seu trabalho ou treinamento em práticas autorizadas.



Fonte: CNEN NN-3.01

# Formação do profissional das técnicas radiológicas

---



Atribuições pelo MEC no catálogo de cursos:

- Aplicar técnicas de proteção radiológica e de biossegurança.



Atribuições pelo MEC no catálogo de cursos:

- Desenvolver, implantar, gerenciar e supervisionar programas de controle de qualidade e radioproteção.
- Monitorar, quantificar e otimizar a produção de rejeitos radiológicos.

# Qual a capacitação necessária para exercer esta função?

- A norma CNEN NE-3.02 estabelece os requisitos para funcionamento de Serviços de Radioproteção. (art. 1.1)
- Ela estabelece que o serviço deve ser constituído por:
  - Supervisor de proteção radiológica (SPR)
  - E por um número apropriado de *técnicos de nível superior e/ou médio* devidamente qualificados para o exercício das suas funções específicas. (art. 4.2)

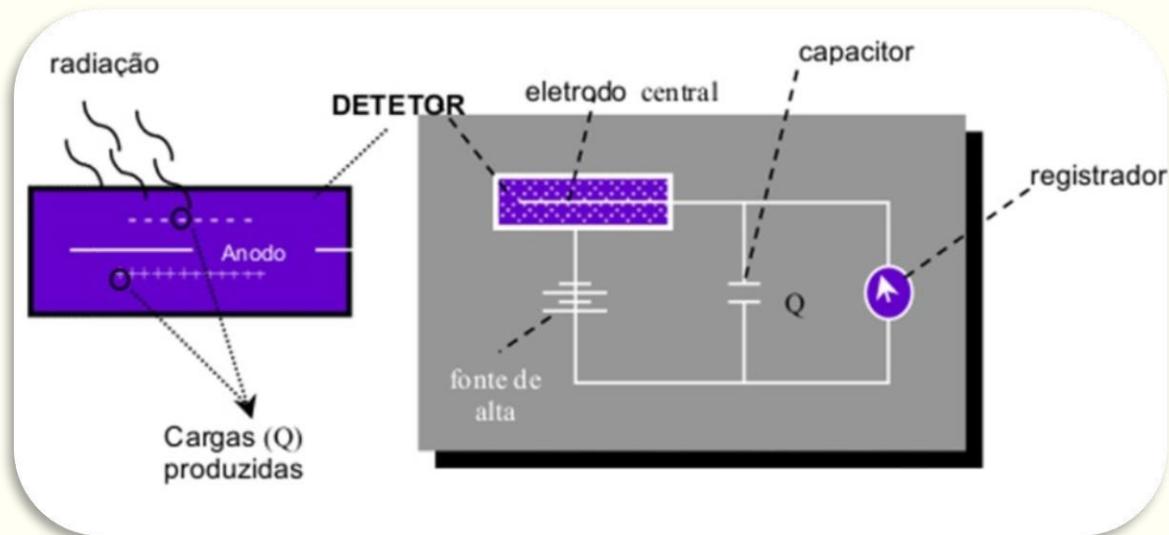


- Formação qualificada
- Especialização técnica
- Treinamento com SPR
- Certificação para SPR

# Operação de monitores de Radiação

---

- ❑ Monitores de radiação ionizante constituem a associação de detectores (sensores) de radiação mais a instrumentação necessária para mensurar a sua quantidade em uma grandeza conhecida.



# Operação de monitores de Radiação

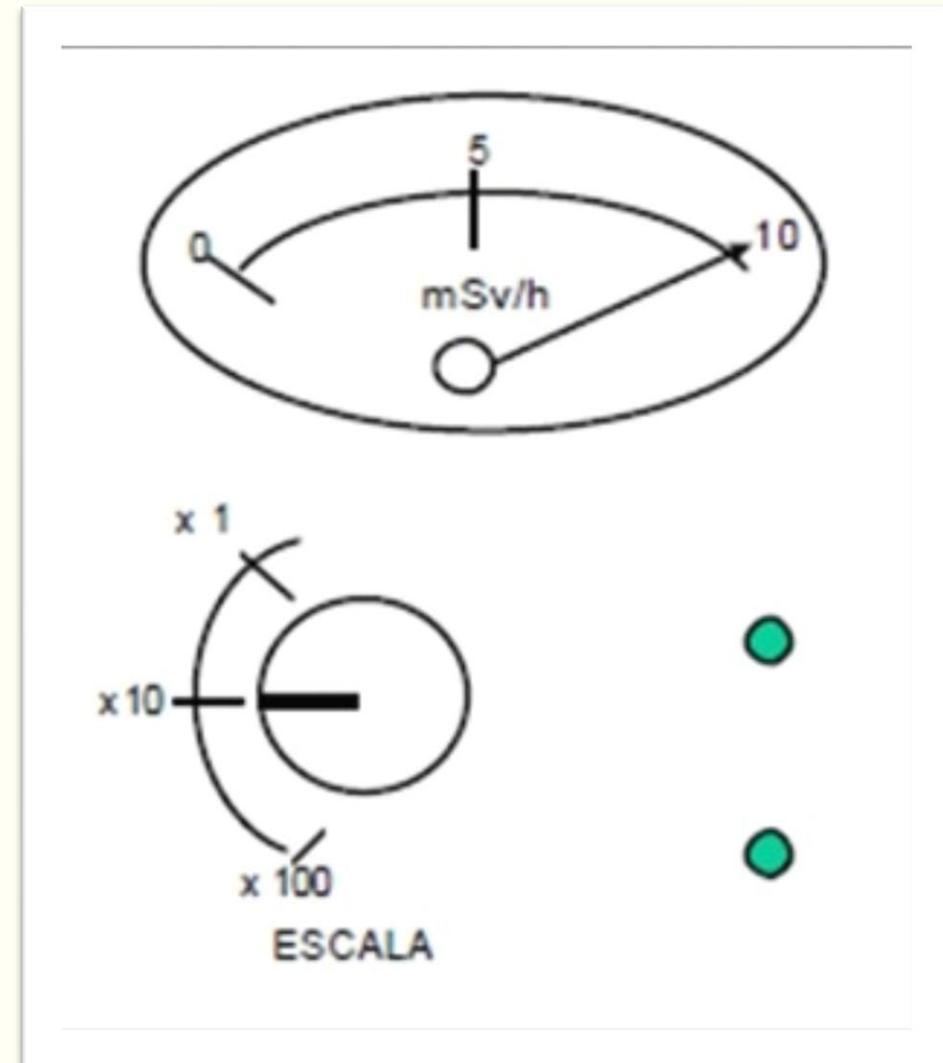
---

- ❑ Os monitores de radiação ionizante podem ser baseados em detectores à gás (câmara de ionização, contador proporcional e Geiger-Müller) ou mesmo cintiladores.
- ❑ Os mesmos também podem ser de tecnologia digital como a figura do slide ou analógico. Mas independente disto, a operação deste tipo de instrumento possibilita o uso de escalas para melhor adequação da capacidade de medição do mesmo.



# Operação de monitores de Radiação

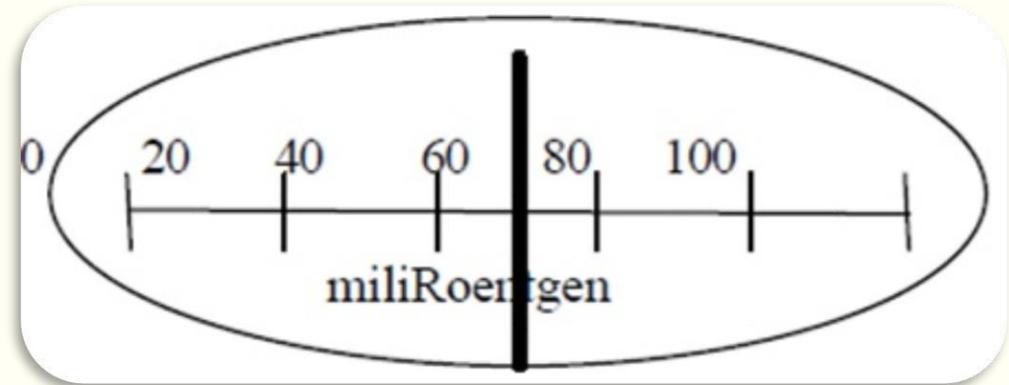
- ❑ O acesso as escalas pode ser automático ou manual, sendo assim é muito importante o reconhecimento de sua funcionalidade para a correta operação de um medidor de radiação.
- ❑ Escala é um fator multiplicador que possibilita a ampliação da capacidade de medição indicada no visor do instrumento.



# Operação de monitores de Radiação

---

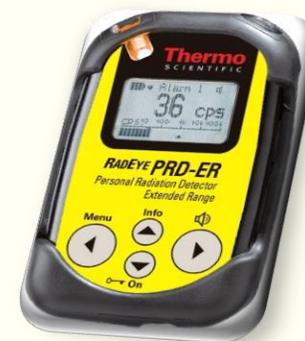
- ❑ O instrumento de medição (monitor) pode ter a opção de medição em modo taxa ou modo integrado nas diversas grandezas disponíveis para a medição.
- ❑ O mesmo pode ainda possibilitar o uso de mais de um detector em função da escala selecionada para a operação.
- ❑ Assim como o uso de mais de um detector pode possibilitar a mediação de varias tipos de radiação ionizante.



# Operação de monitores de Radiação

---

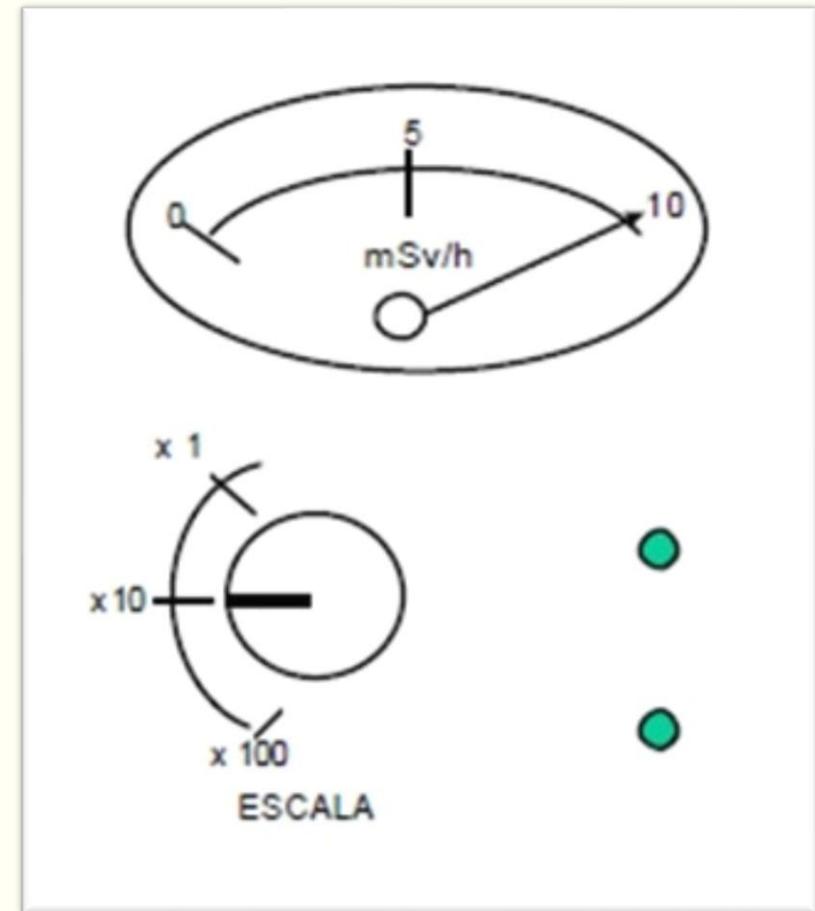
- ❑ Os monitores gasosos do tipo Geiger-Müller são os mais utilizados para a maioria das medições realizadas em ambientes abertos bem como quando uma incerteza de medição não precisa ser baixa.
- ❑ Para uma maior exatidão no resultado de medição, monitores utilizando cintiladores (NaI ou CsI) são necessários. Neste caso ocorrerá somente a medição da radiação gama ou raios X.



# Operação de monitores de Radiação - Exercícios

---

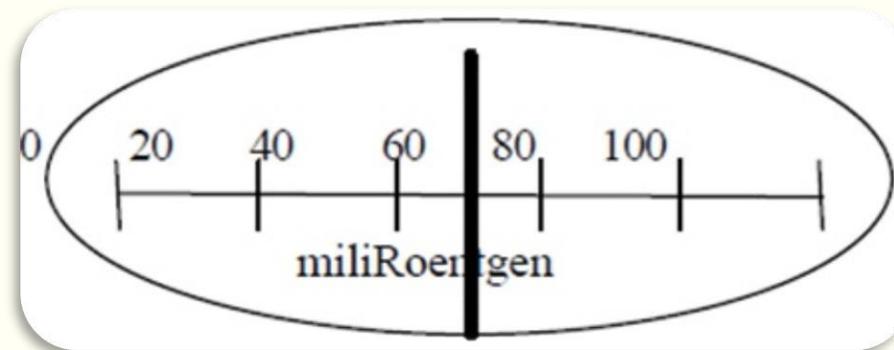
- ❑ Durante uma atividade de monitoração com um monitor o mesmo apresentou a leitura conforme indicado na figura abaixo. Que procedimento o operador deverá tomar diante da resposta do instrumento de medição?
- o seletor de escalas deverá ser ajustado na posição x 1
  - o seletor de escalas deverá ser ajustado na posição x 10
  - o seletor de escalas deverá ser ajustado na posição x 100
  - nenhuma das anteriores.



# Operação de monitores de Radiação - exercícios

---

- ❑ Qual a taxa de dose indicada pelo detector do slide anterior ?
  - a) 100 mSv/h.
  - b) 10 mSv/h
  - c) 1 mSv/h
  - d) 1000 mSv/h
  
- ❑ A figura abaixo representa um dosímetro de leitura direta marcando a exposição recebida por um operador. Qual a dose registrada?
  - a) 70 mR/h
  - b) 70 R/h
  - c) 70 mR
  - d) 700 mR



# Ações para controle das exposições ocupacional

---

□ Para executar as ações de controle das exposições ocupacionais é necessário:

- ❖ Ter um serviço de proteção radiológica;
- ❖ Conhecer os materiais radioativos e os tipos de radiações emitidas;
- ❖ Controlar as doses ocupacionais dos IOEs;
- ❖ Estabelecer as áreas de controle ocupacional e definição de áreas livres;
- ❖ Fazer planejamento das ações a serem realizadas;
- ❖ Implementar e manter a rotina de exames de saúde para os IOEs
- ❖ Obedecer e manter o plano de radioproteção atualizado.



# Ações para controle de dose ocupacional

---

- ❑ O controle de doses ocupacionais envolve:
  - ❖ Capacitação para os IOEs e controle dosimétrico;
  - ❖ Observação dos requisitos básicos de proteção radiológica;
  - ❖ Observar o histórico de doses e os exames médicos dos IOE's;
  - ❖ Garantir o planejamento das doses ocupacionais nas áreas supervisionadas e controladas fazendo uso de levantamentos radiométricos com a periodicidade estabelecida no plano de radioproteção (PRP);
  - ❖ Executar treinamentos periódicos obedecendo a periodicidade estabelecida no PRP;
  - ❖ Prever as exposições em decorrência de uma emergência radiológica



# Cálculo de doses ocupacionais e adequação de áreas

---

□ Levando em conta que para efeitos de proteção radiológica o ano de um IOE possui 50 semanas e que cada semana possui 40 horas, estabeleça:

1. Um nível de ação, em  $\mu\text{Sv/h}$ , para que o limite anual de um IOE não seja excedido?
2. Um nível de ação em  $\mu\text{Sv/h}$ , para o trabalho dos IOE's de sua equipe que o limite em 5 anos consecutivos não seja excedido?
3. Um nível de ação para sua equipe de trabalho de tal sorte que o nível de restrição de dose de  $200 \mu\text{Sv/semana}$  estabelecido pelo SPR da empresa não seja excedido em uma ação de emergência de duração de 8 horas?

# Cálculo de doses ocupacionais e adequação de áreas

---

□ Um IOE atuando com atividade em um serviço de proteção radiológica em uma empresa que faz uso de medidores nucleares de nível na categoria de transmissão, teve registrado no relatório de dose nos meses de abril, maio e junho os seguintes valores de dose em seu dosímetro: 0,24 mSv, 1,2 mSv e 4,3 mSv. Nos meses anteriores do corrente ano os relatórios de dose registraram não registraram dose. Sabendo que o dosímetro está calibrado, pergunta-se:

1. Qual o valor de dose máxima pode ser registrado no restante do ano corrente?
2. Qual o valor de dose pode ser registrado no restante do ano corrente, para que a média ponderada anual seja respeitada?
3. Com os valores de dose registrados pelo IOE, a luz da legislação, o SPR deveria tomar alguma atitude? Em caso afirmativo, disserte sobre o assunto justificando a atitude.

# Cálculo de doses ocupacionais e adequação de áreas

---

- ❑ Um IOE atuando há 03 anos com atividade de produção de radioisótopos, teve registrado nos seus relatórios de dose os seguintes valores de dose anuais: 25 mSv, 37 mSv e 16mSv. Este ano ao ser contratado por outra empresa, o supervisor de radioproteção teve que planejar suas atividades ocupacionais baseado em seu histórico de dose. Qual o valor médio de dose ocupacional que o IOE poderá ser submetido nos próximos dois anos?
- a) 20 mSv
  - b) 50mSv
  - c) 22 mSv
  - d) 8,5 mSv
  - e) 11 mSv

# Cálculo de doses ocupacionais e adequação de áreas

---

❑ Um IOE atuando há 04 anos com atividade de perfilagem de poços possui uma média mensal de dose de 1,6 mSv. Este ano sua empresa necessitará realizar de recolhimento e armazenamento de uma fonte de gamagrafia e a equipe a qual ele pertence ficará sujeita a uma dose anual de 29 mSv. Baseado nos limites estabelecidos pelas normas da CNEN, este IOE poderá participar desta atividade? Qual a sua dose acumulado nos primeiros 4 anos?

# Cálculo de doses ocupacionais e adequação de áreas

---

- Uma empresa usava um medidor nuclear transportável para avaliar a densidade de um terreno quando o mesmo apresentou uma falha mecânica mantendo a fonte de Ir-192 travada fora do equipamento. Sabendo que a atividade da fonte é de 1,0TBq e que seu fator gama (gamão) é de  $1,1 \times 10^{-1} \text{ mSv.m}^2/\text{h.GBq}$ , faça os devidos cálculos para que:
- 1) O isolamento da área controlada esteja a uma taxa de dose de  $7,5 \mu\text{Sv/h}$ ?
  - 2) A área livre obedeça as normas da CNEN?
  - 3) Um IOE que nos últimos 4 anos acumulou uma dose de 80 mSv poderá atuar dentro da área supervisionada estabelecida?

# Controle e adequação de áreas de segurança

---

□ O que é uma atividade de levantamento radiométrico:

❖ Levantamento radiométrico é a principal ação de controle de dose das áreas estabelecidas controladas, supervisionadas e livres da instalação definidas no PRP

❖ Para execução desta atividade é necessário:

- Estabelecer pontos para a verificação das doses ocupacionais;
- Manter os monitores de radiação calibrados e em condições de uso;
- Ter o quantitativo necessário de monitores de radiação adequados ao tipo de radiação emitida;
- Manter registros dos levantamentos radiométricos realizados para inspeção do órgão regulador.

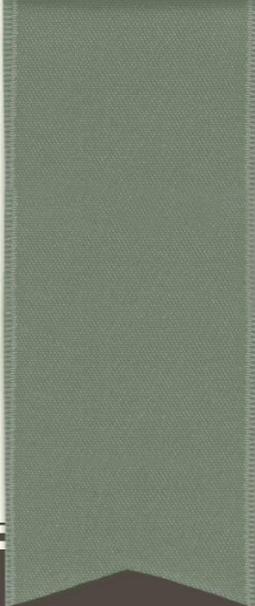


# Controle e adequação de áreas de segurança

---

Continua...





---

# TÓPICOS ESPECIAIS: PROTEÇÃO RADIOLÓGICA APLICADA A INDÚSTRIA

Prof Luciano Santa Rita

[www.lucianosantarita.pro.br](http://www.lucianosantarita.pro.br)

---