

# Emergência Radiológica e Nuclear

*Prof. Luciano Santa Rita*  
*[www.lucanosantarita.pro.br](http://www.lucanosantarita.pro.br)*  
*[tecnologo@lucanosantarita.pro.br](mailto:tecnologo@lucanosantarita.pro.br)*



# Sumário

---

- Fontes naturais e artificiais de radiações ionizantes
- Categorização de fontes de radiações ionizantes segundo a IAEA
- Conceitos de Acidente e Emergência radiológica e nuclear
- O acidente radiológico de Goiânia
- O acidente nuclear de Chernobyl
- Segurança radiológica e nuclear
- Equipamento de proteção individual (EPI)
- Detecção das radiações ionizantes em situações de emergência radiológica
- Ações de resposta a situações de emergência radiológica e nuclear

# Atividade campo AV1

---

- Elaborar uma resenha crítica sobre o acidente radiológico de Goiânia e Chernobyl, dissertando sobre suas causas e consequências, bem como no impacto causado na sociedade e meio ambiente.
- Em uma resenha crítica se faz o resumo de um texto e também uma avaliação crítica sobre o mesmo, apontando seus aspectos positivos e negativos.
- Estrutura: Capa / Título, Referência bibliográfica (citação do artigo), Dados bibliográficos do autor, Resumo do conteúdo, Avaliação crítica e referências e citações.
- Devem ser usadas as referências de vídeo e documentos da IAEA citadas a seguir.
  - ❖ Goiânia:
    - <https://youtu.be/VUHLS1WL6FM>
    - <https://youtu.be/MfshO3PvLYs>
    - [https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub815\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub815_web.pdf)
  - Chernobyl
    - <https://youtu.be/dM3VUREMBq4>
    - <https://youtu.be/bv4AoqZsfHs>
    - [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1312\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1312_web.pdf)
    - [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub913e\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub913e_web.pdf)
    - [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1239\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1239_web.pdf)

# Atividade campo AV2

---

- Relatório de aula prática sobre EPI e EPR
  - Estrutura do Relatório:
    - Capa (Título e nome dos alunos – no máximo 3)
    - Introdução
    - Materiais utilizados
    - Procedimento Realizado
    - Conclusão
    - Referência bibliográfica

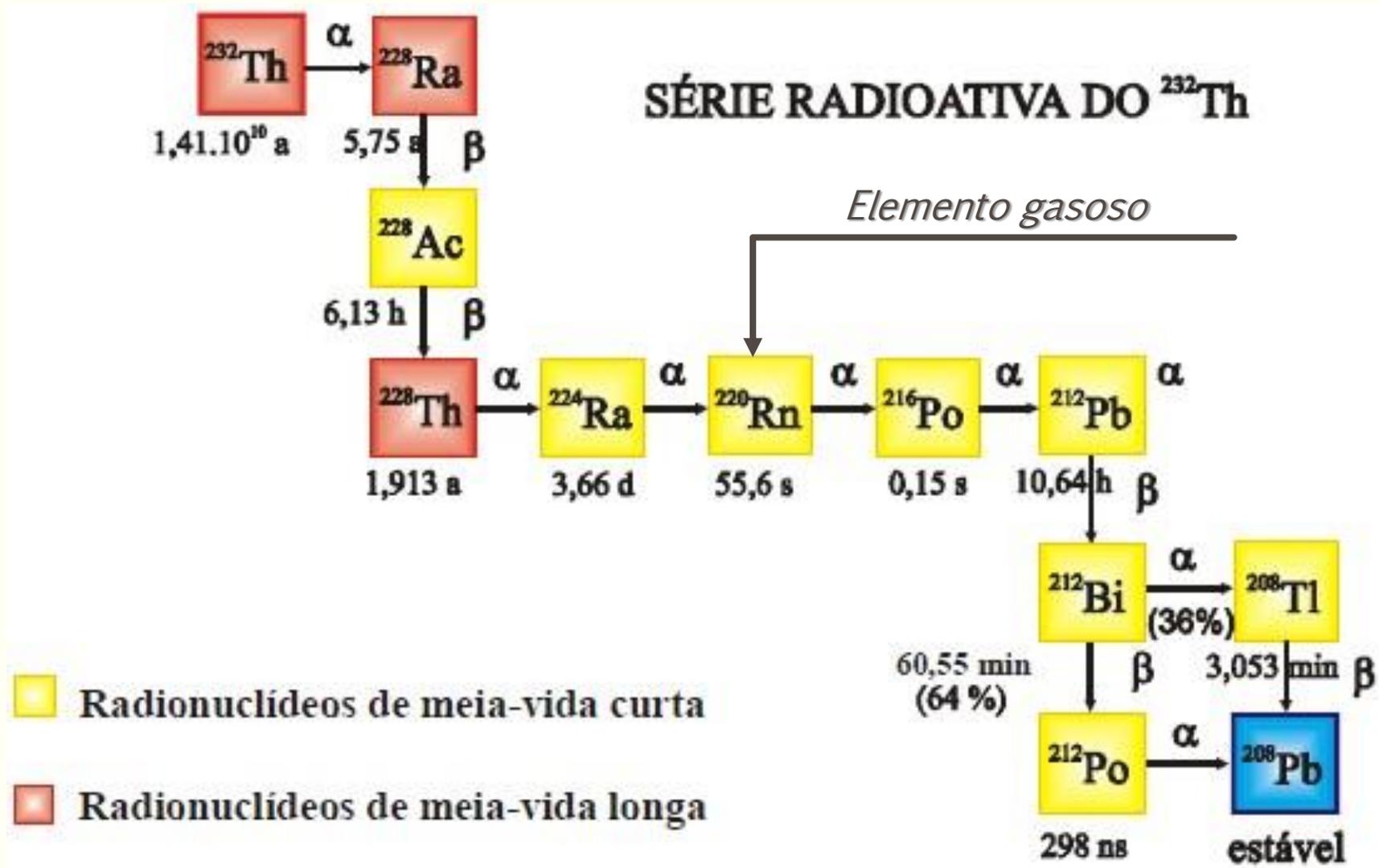


# Fontes naturais de radiações ionizantes

---

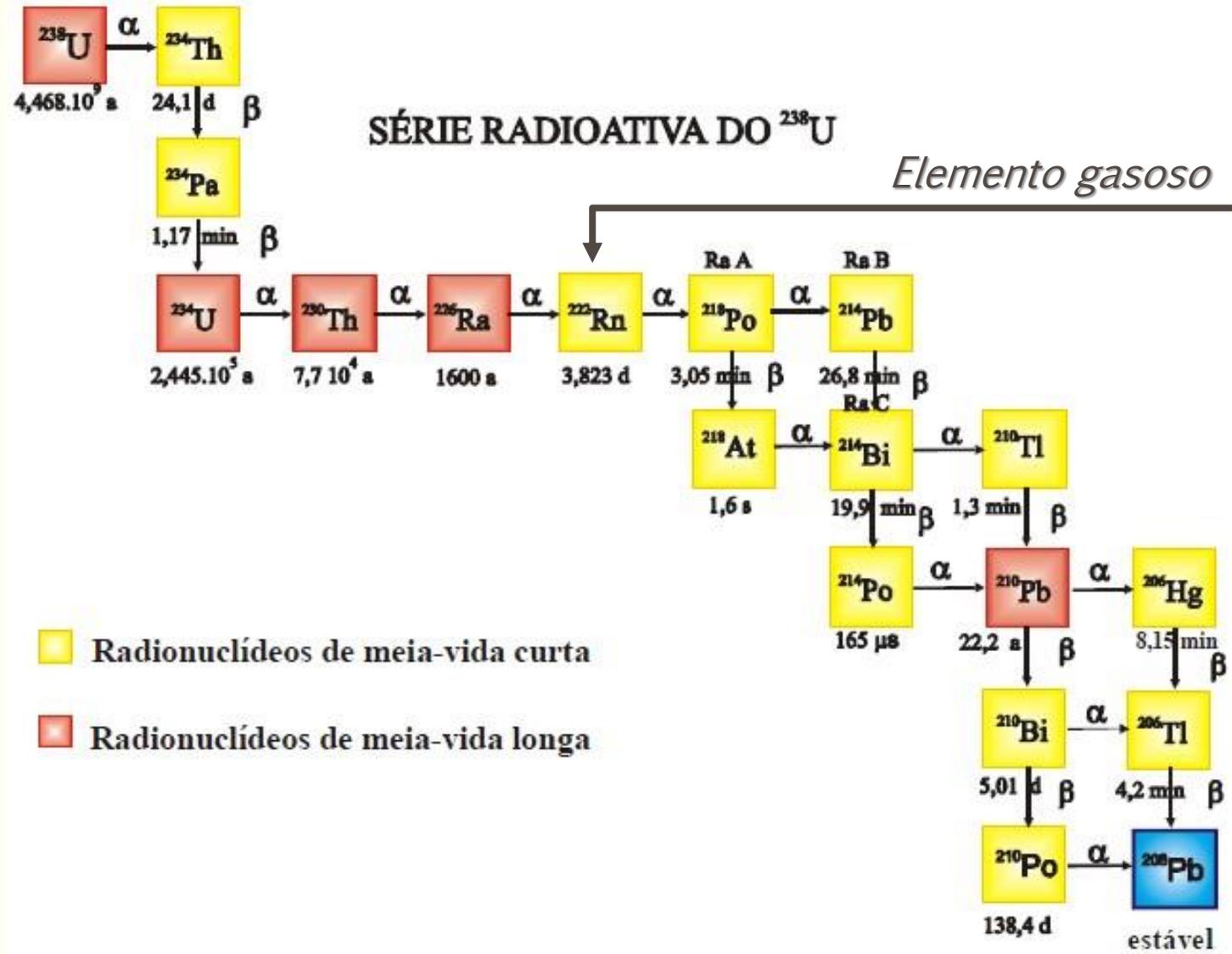
- Os seres humanos são expostos a radiação ionizante de forma não ocupacional, pela radiação naturalmente presente em seu meio ambiente seja pelos radioisótopos naturais presentes no solo, no ar, nos alimentos e nos próprios seres vivos ou ainda pelos raios cósmicos. Exemplos: Séries do  $^{238}\text{U}$  e  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$ .

# Fontes naturais de radiações ionizantes



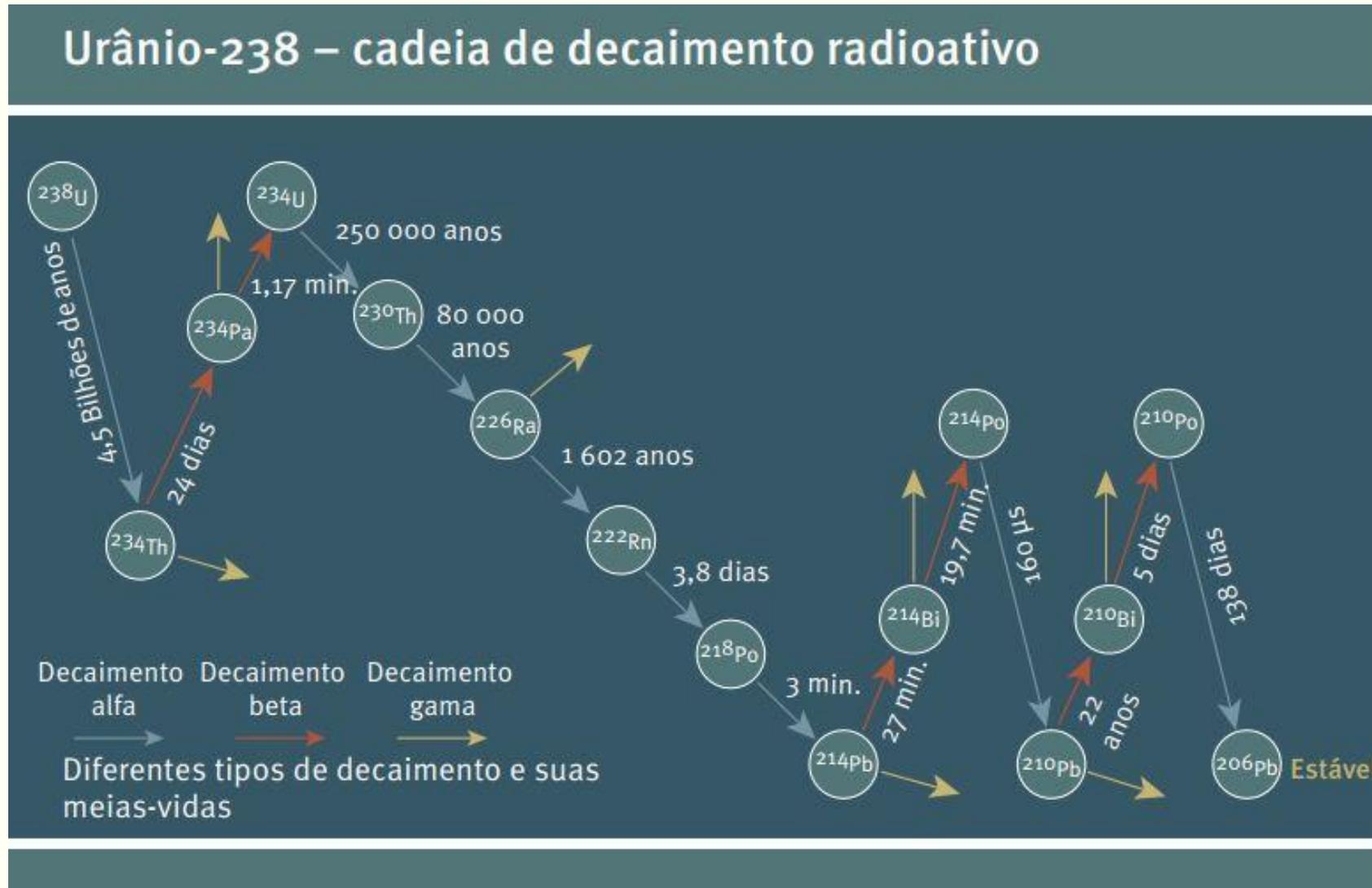
Tauhata, 2014

# Fontes naturais de radiações ionizantes

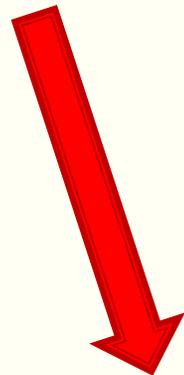


Tauhata, 2014

# Fontes naturais de radiações ionizantes

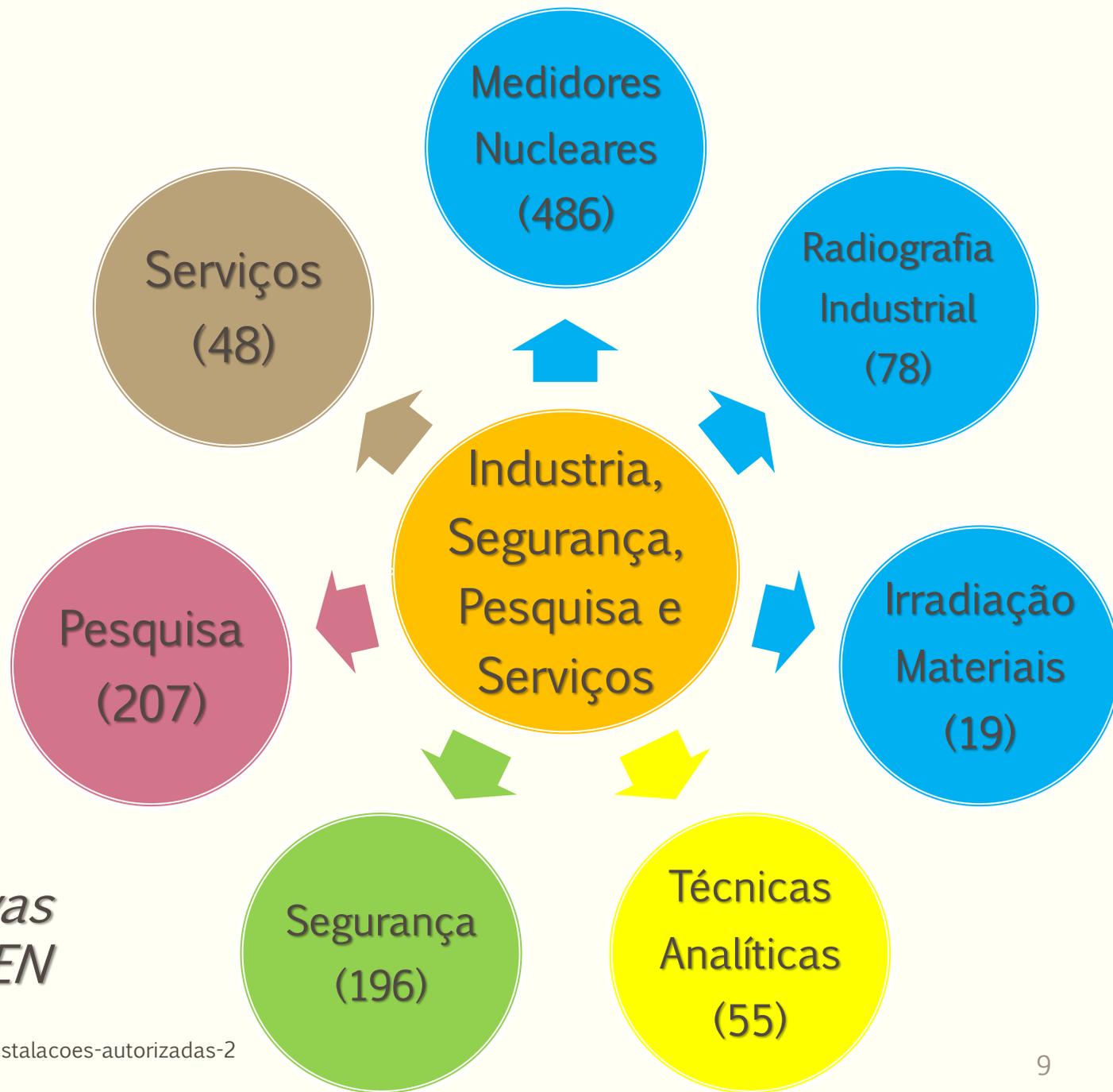


**Fontes artificiais de radiação ionizante**



**1086**

*Instalações radioativas autorizadas pela CNEN*

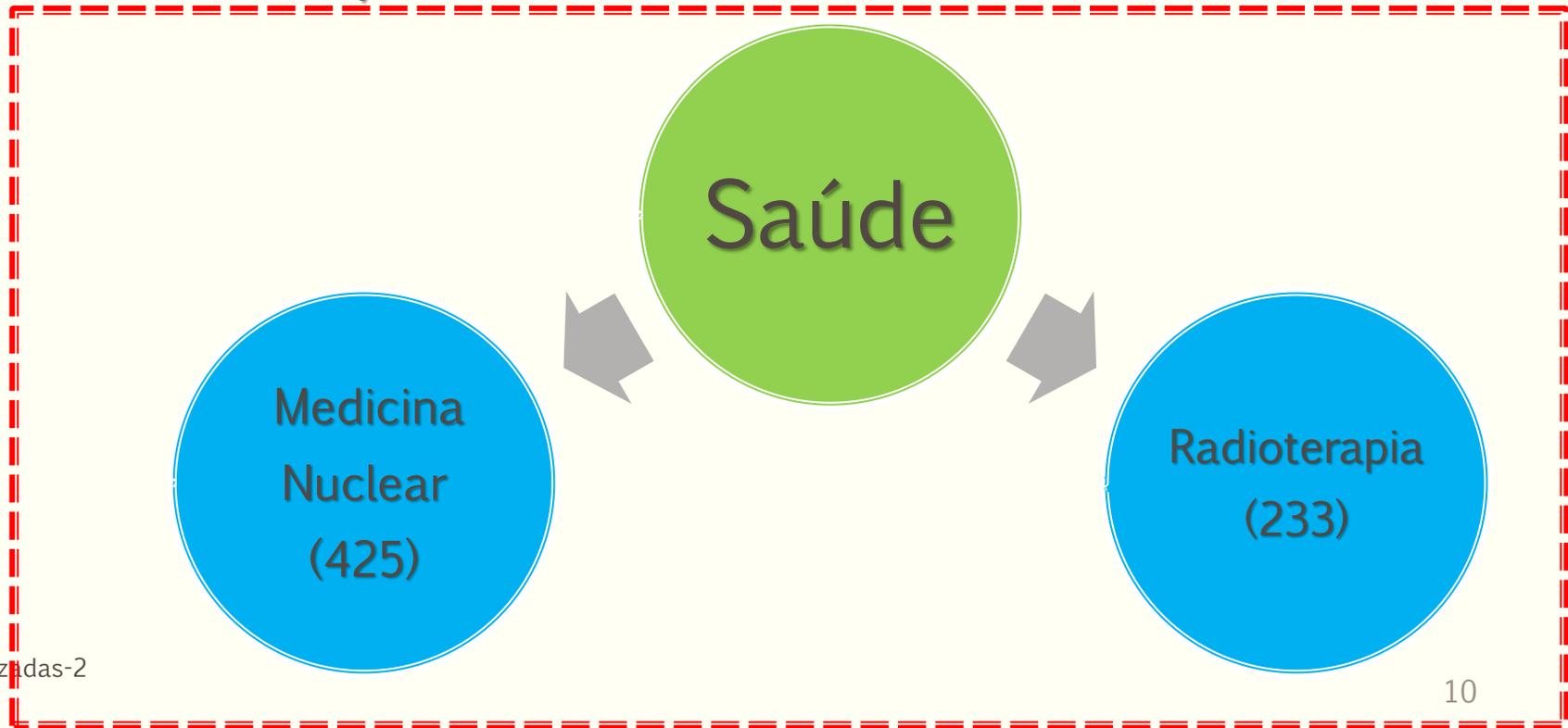
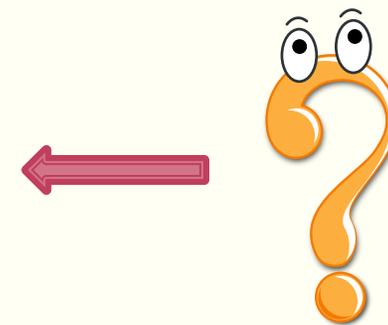


# Fontes artificiais de radiação ionizante



700

Instalações radioativas autorizadas pela (CNEN)

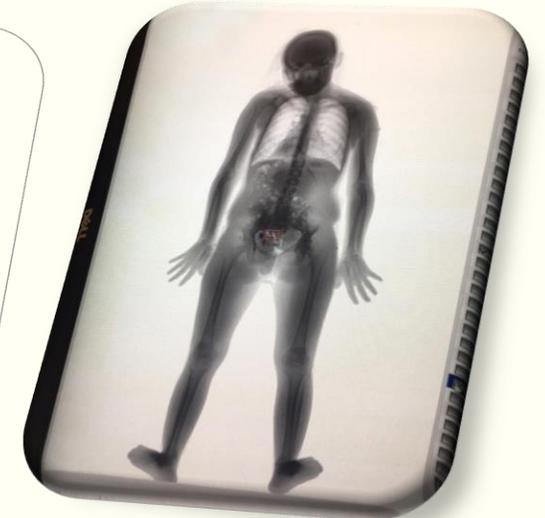


# Fontes artificiais de radiações ionizantes

---

- Área de segurança pública

- ❖ *Escâneres corporais (body scanner)*



<http://advancedopsinternational.com/product/whole-body-inspection-system-ht2000ga-gb/>

- Área de Técnicas analíticas

- ❖ *PMI – Identificação positiva de materiais* pela técnica de espectrometria por fluorescência de raios X.



<http://www.jometto.com.br/servicos/materiais/8/ensaio-pmi-para-analise-quimica-de-materiais-em-campo>

# Fontes artificiais de radiações ionizantes

---

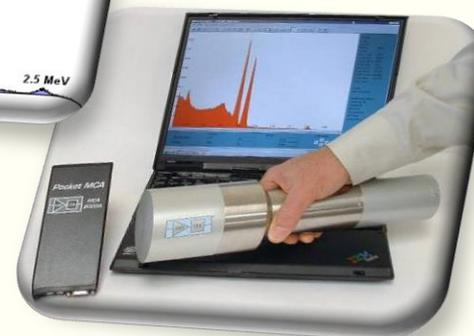
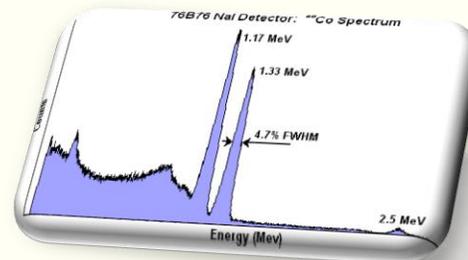
- Área de Serviços

- ❖ *Inspeção de bagagens e Contêineres*



- Área de Pesquisa

- ❖ *Identificação de material radioativo (Espectrometria gama)*



<http://www.nuctech.com/br/SitePages/HomePage.aspx>

# Fontes artificiais de radiações ionizantes

---

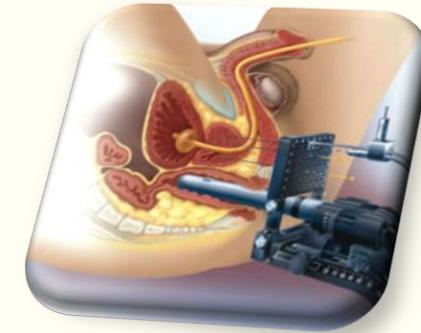
- Área de Radioterapia

  - ❖ *Fonte categoria 1 pela IAEA*



- Área de Braquiterapia

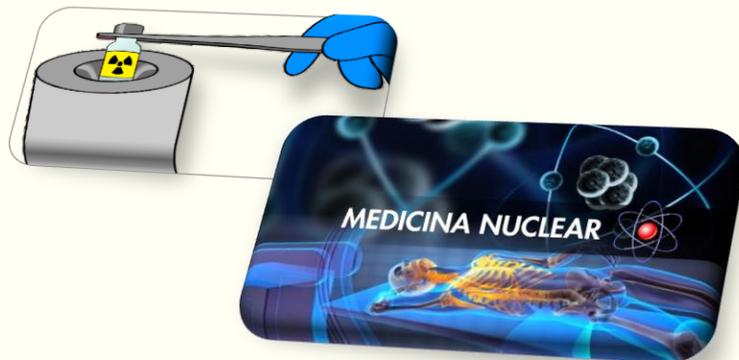
  - ❖ *HDR- fonte categoria 2 e LDR fonte categoria 4 pela IAEA*



<http://revistafactorrh.com/bienestar-24-horas/item/1245-trata-el-cancer-de-prostata-con-braquiterapia>

- Área de Medicina Nuclear

  - ❖ *Fonte categoria 5 pela IAEA*



<https://www.correiodamadeira.com/2018/09/medicina-nuclear-situacao-da-madeira.html>

# Categorização de fontes de radiações ionizantes segundo a IAEA

---

## ▪ Objetivo

- ❖ Apresentar um sistema simples e lógico de classificação de fontes de radiação ionizante, baseado no seu potencial de provocar danos à saúde humana (periculosidade); (TECDOC-1344\_2003 e RS-G-1.9 - IAEA)

## ▪ Definições

- ❖ Uma fonte perigosa é aquela que, uma vez fora de controle, possa levar a exposições suficientes para provocar severos efeitos determinísticos à saúde humana;
- ❖ As categorias são baseadas na razão  $A/D$ . Para informação ao público as fontes são divididas em 5 categorias.
- ❖ Onde  $A$  é a atividade da fonte e  $D$  representa atividade de fonte que pode causar severos efeitos determinísticos.

# Categorização de fontes de radiações ionizantes segundo a IAEA

---

- Categoria 5 →  $A/D < 0,01$ 
  - ❖ Fonte não perigosa;
  - ❖ Nenhuma lesão permanente é esperada devido à manipulação dessa quantidade de material radioativo
- Categoria 4 →  $A/D = 0,01 - 1,0$ 
  - Fonte não perigosa;
  - É muito pouco provável que alguém possa sofrer uma lesão permanente manipulando esta quantidade de material radioativo;
  - É possível a ocorrência de algum efeito temporário para exposições com a duração de algumas semanas;

# Categorização de fontes de radiações ionizantes segundo a IAEA

---

- Categoria 3 →  $A/D = 1,0 - 10,0$ 
  - Fonte perigosa. Esta quantidade de material radioativo pode causar lesões permanentes em exposições com duração de algumas horas.
  - Embora pouco provável, pode levar ao óbito em exposições pelo período de dias até semanas.
- Categoria 2 →  $A/D = 10,0 - 1000$ 
  - Fonte muito perigosa. Esta quantidade de material radioativo pode causar lesões permanentes em exposições com duração de alguns minutos;
  - Pode levar ao óbito em exposições pelo período de horas até dias;
- Categoria 1 →  $A/D > 1000$ 
  - Fonte extremamente perigosa. Esta quantidade de material radioativo pode causar lesões permanentes em exposições com duração de alguns segundos.
  - Pode levar ao óbito em exposições pelo período de minutos a uma hora.

# Categorização de fontes de radiações ionizantes segundo a IAEA (IAEA-TECDOC-1344)

---

---

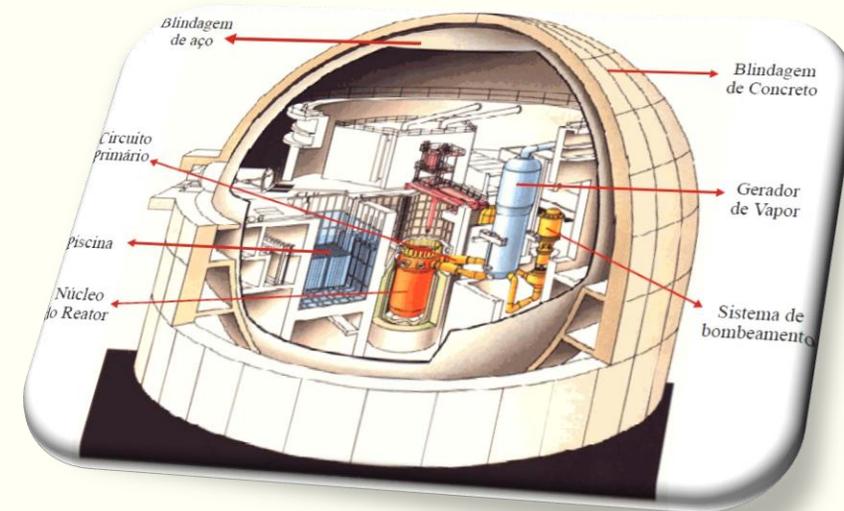
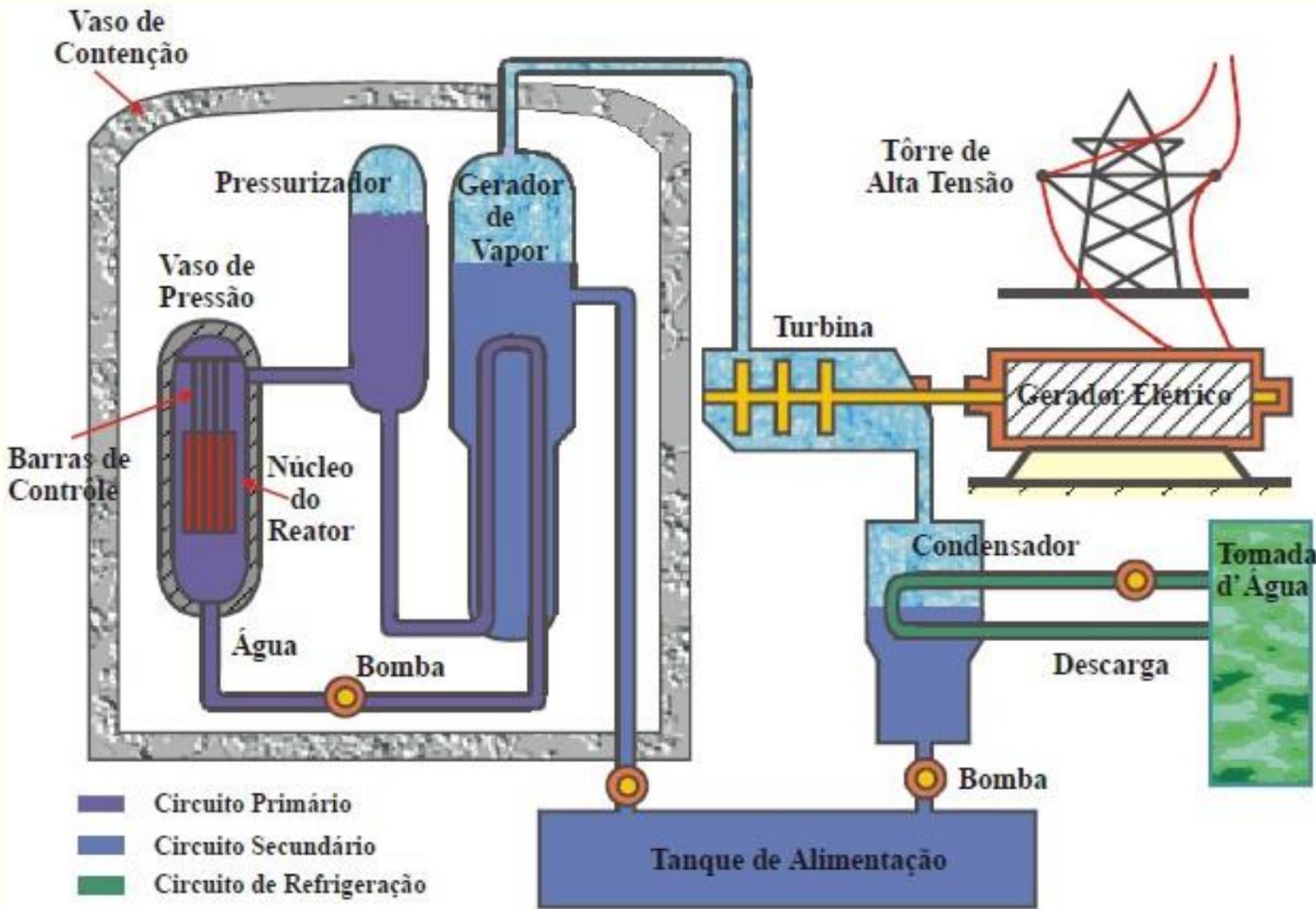
Categoria	Fonte	Exemplos	Atividade (TBq)
1	Extremamente Perigosa	Radioterapia ( $^{60}\text{Co}$ )	$4,0 \times 10^3$
2	Muito Perigosa	Gamagrafia ( $^{60}\text{Co}$ , $^{192}\text{Ir}$ e $^{75}\text{Se}$ ), Braquiterapia HDR ( $^{192}\text{Ir}$ e $^{60}\text{Co}$ )	$6,0 \times 10^1 - 1,0 \times 10^2$ $6,0 \times 10^0 - 1,0 \times 10^1$
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 $^{90}\text{Sr}$ ), Braquiterapia LDR ( $^{125}\text{I}$ e $^{198}\text{Au}$ )	$1,0 \times 10^{-1} - 1,0 \times 10^0$ $4,0 \times 10^{-2} - 8,0 \times 10^{-2}$
5	Não Perigosa	PET ( $^{68}\text{Ge}$ )	$3,0 \times 10^{-3}$

# Conceitos de Acidente e Emergência Radiológica e Nuclear: Instalações radioativas e nucleares

---

- **Instalações Radioativas:** estabelecimento ou instalação onde se produzem, utilizam, transportam ou armazenam fontes de radiação. Excetua-se desta definição as instalações nucleares;
- **Instalações Nucleares:** instalação na qual material nuclear é produzido, processado, reprocessado, utilizado, manuseado ou estocado em quantidades relevantes, a juízo da CNEN.
  - ❖ **Elemento nuclear:** É todo elemento químico que possa ser utilizado na liberação de energia em reatores nucleares ou que possa dar origem a elementos químicos que possa ser utilizados para esse fim. (Lei 4118/62)
  - ❖ **Material nuclear:** com esta designação se compreendem os elementos nucleares ou seus subprodutos (elementos transurânicos, U-233) em qualquer forma de associação (i.e. metal, liga ou combinação química). (Lei 4118/62)

# Conceito de Acidente e Emergência Radiológica e Nuclear: Instalações nucleares



# Conceitos de Acidente e Emergência Radiológica e Nuclear

---

- **Acidente:** Qualquer evento não intencional, incluindo erros de operação e falhas de equipamento, cujas consequências reais ou potenciais são relevantes sob o ponto de vista de proteção radiológica.
- **Emergência:** Situação anormal que, a partir de um determinado momento, foge ao controle planejado e pretendido pelo operador, demandando medidas especiais para retomada da normalidade. A exposição de pessoas do público mantém a condição de emergência.
  - ❖ **Emergência radiológica:** Emergência na qual existe, ou é observado que existirá, perigo devido à exposição à radiação ionizante.
  - ❖ **Emergência nuclear:** Emergência na qual existe, ou é observado que existirá, perigo devido à liberação de energia resultante de uma reação em cadeia nuclear ou do decaimento dos produtos de uma reação em cadeia.

# Conceitos de Acidente e Emergência Radiológica e Nuclear

---

- Acidente radiológico
  - ❖ Desvio inesperado significativo das condições normais de projeto, de atividade, ou de operação ou manutenção de instalação radioativa que, a partir de um determinado momento, foge ao controle planejado e pretendido, demandando medidas especiais para a retomada de sua normalidade, e que possa resultar em exposição de pessoas a radiação ionizante, acima dos limites estabelecidos pela CNEN, e em danos ao meio ambiente e a propriedade.
- Acidente nuclear
  - ❖ Um acidente é considerado nuclear quando envolve a presença de material nuclear. (ver slide 17)

# O Acidente Radiológico de Goiânia

---

- Em setembro de 1987 aconteceu o acidente com o Césio-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) em Goiânia, capital do Estado de Goiás, Brasil.
- O manuseio indevido de um aparelho de radioterapia abandonado onde funcionava o Instituto Goiano de Radioterapia, gerou um acidente que envolveu direta e indiretamente centenas de pessoas.
- A fonte, com radioatividade de 50.9 TBq (1375 Ci) continha cloreto de césio, composto químico de alta solubilidade.
- O  $^{137}\text{Cs}$ , isótopo radioativo artificial do Césio tem comportamento, no ambiente, semelhante ao do potássio e outros metais alcalinos, podendo ser concentrado em animais e plantas. Sua meia vida física é de 33 anos.

# O Acidente Radiológico de Goiânia

---

- A fonte radioativa foi removida e manipulada indevidamente no dia 13 de setembro, porém o acidente radioativo só foi identificado como tal no dia 29 do mesmo mês, quando foi feita a comunicação à Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, que notificou a Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA.
- Foi acionado um plano de emergência do qual participaram CNEN, Furnas Centrais Elétricas S/A – FURNAS, Empresas Nucleares Brasileiras S/A - NUCLEBRÁS, DEFESA CIVIL, ala de emergência nuclear do Hospital Naval Marcílio Dias – HNMD, Secretaria Estadual de Saúde de Goiás – SES/GO, Hospital Geral de Goiânia – HGG, além de outras instituições locais, nacionais e internacionais que se incorporaram ou auxiliaram a “Operação Césio-137”.

# O Acidente Radiológico de Goiânia

---

- No total, foram monitoradas 112.800 pessoas, das quais 249 apresentaram significativa contaminação interna e/ou externa, sendo que em 120 delas a contaminação era apenas em roupas e calçados, sendo as mesmas liberadas após a descontaminação.
- Os 129 que constituíam o grupo com contaminação interna e/ou externa passaram a receber acompanhamento médico regular. Destes, 79 com contaminação externa receberam tratamento ambulatorial; dos outros 50 radioacidentados e com contaminação interna, 30 foram assistidos em albergues, em semi-isolamento, e 20 foram encaminhados ao Hospital Geral de Goiânia; destes últimos, 14 em estado grave foram transferidos para o Hospital Naval Marcílio Dias, no Rio de Janeiro, onde quatro deles foram a óbito, oito desenvolveram a Síndrome Aguda da Radiação - SAR -, 14 apresentaram falência da medula óssea e 01 sofreu amputação do antebraço.
- No total, 28 pessoas desenvolveram em maior ou menor intensidade, a Síndrome Cutânea da Radiação (as lesões cutâneas também eram ditas “radiodermites”). Os casos de óbito ocorreram cerca de 04 a 05 semanas após a exposição ao material radioativo, devido a complicações esperadas da SAR - hemorragia (02 pacientes) e infecção generalizada (02 pacientes).

# O Acidente Radiológico de Goiânia

---

- O acidente de Goiânia gerou 3500m<sup>3</sup> de lixo radioativo, que foi acondicionado em contêineres concretados. O repositório definitivo deste material localiza-se na cidade de Abadia de Goiás, a 23 km de Goiânia, onde a CNEN instalou o Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste, que executa a monitoração dos rejeitos radioativos e controle ambiental.
- Para executar o monitoramento sobre os efeitos da exposição à radiação ionizante nas pessoas que foram vítimas deste acidente, o governo do Estado de Goiás criou, em fevereiro de 1988, a Fundação Leide das Neves Ferreira, posteriormente transformada em Superintendência Leide das Neves Ferreira - SULEIDE.

# O Acidente Radiológico de Goiânia

---

- Os cálculos de dose das pessoas foram feitos com base nos resultados dos exames de dosimetria citogenética, para avaliação da exposição externa; e de análise de excretas e contador de corpo inteiro para avaliação da contaminação interna. Pela técnica de dosimetria citogenética estima-se a dose recebida através de aberrações cromossomiais causadas pela radiação. A dose estimada é proporcional ao número de aberrações existentes. A técnica de análise de excretas é chamada de monitoração *in vitro* e a de contador de corpo inteiro – detectores de radiação são colocados próximos ao corpo e inferem a quantidade de material radioativo incorporado e subsequentemente a dose – monitoração *in vivo*.
- Das várias lições aprendidas neste acidente, podemos nos referir àquela que trata da nossa responsabilidade em conhecer as consequências de se lidar com ciência e tecnologia, e ampliarmos os cuidados que priorizam a ética e o respeito à vida.

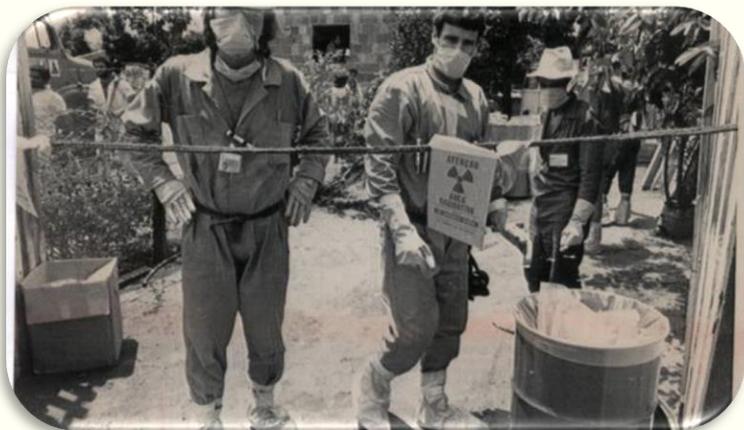
# O Acidente Radiológico de Goiânia - Fotos

---



# O Acidente Radiológico de Goiânia - Fotos

---



# O Acidente Radiológico de Goiânia - Fotos

---



# O Acidente Radiológico de Goiânia - Fotos

---



# O Acidente Nuclear de Chernobyl

---

- A central nuclear de Chernobyl está localizada no norte da Ucrânia, na cidade de mesmo nome e a 14 km de Kiev, sendo na época uma das repúblicas mais importantes da URSS. Sua extensão territorial pode ser comparada ao estado de Minas Gerais e na época com uma população de aproximadamente 50 milhões de habitantes.
- A central nuclear de Chernobyl era composta de 4 reatores (1, 2, 3 e 4) do tipo RBMK com potência de 1000 MW cada um. A unidade que sofreu o acidente era unidade de número 4.
- O reator do tipo RBMK usa água leve como refrigerante, grafite como moderador e urânio enriquecido a 2%.

# O Acidente Nuclear de Chernobyl

---

- O acidente ocorreu na unidade 4 da central de Chernobyl no dia 26 de abril e o governante da Rússia somente informou o mundo do ocorrido no dia 14 de maio, apesar de vários países como a Suécia e Noruega já o tivessem detectado. Não devemos esquecer que na década de 80 a capacidade de comunicação do mundo estava muito longe da internet e satélites ao alcance de todos que temos hoje.
- Uma sequencia de testes com sistemas de segurança ao mínimo em função de testes desenvolvidos pelos responsáveis pela operação dos reatores, produziram uma sequencia de eventos com aumento da potência do reator, aumento de emissão de vapor e liberação de hidrogênio e causando uma explosão com destruição do núcleo e a cobertura do reator provocando uma emissão e dispersão enorme de radioatividade no meio ambiente. O incêndio levou 5 dias para ser "estabilizado".

# O Acidente Nuclear de Chernobyl

---

- Autoridades francesas, na época, apresentaram a imprensa uma sequência plausível para o acidente que pode ser resumida em 10 fases:
  - ❖ Fase 1: Ruptura do circuito primário
  - ❖ Fase 2: Parada da turbina e das turbo bombas de circulação
  - ❖ Fase 3: Superaquecimento do combustível
  - ❖ Fase 4: Vaporização da água nos tubos de pressão
  - ❖ Fase 5: Reação zircônio - H<sub>2</sub>O a partir de 1200° (H<sub>2</sub>)
  - ❖ Fase 6: Fusão parcial do combustível e liberação dos primeiros rejeitos importantes
  - ❖ Fase 7: Aquecimento dos tubos de pressão
  - ❖ Fase 8: Aumento da temperatura do empilhamento de grafite a 1200°
  - ❖ Fase 9: Início do incêndio do grafite
  - ❖ Fase 10: Início das tentativas de se extinguir o incêndio pelos bombeiros. Explosão, vapor e/ou H<sub>2</sub>, com vítimas e destruição.

# O Acidente Nuclear de Chernobyl

---

- Oficialmente as vítimas declaradas foram 304. Destas até 19/07/86, 28 tinham falecido e 200 permaneciam hospitalizadas devido a radiação até esta data. Deste número 204 vítimas foram hospitalizadas imediatamente após o evento.
- As doses de radiação recebidas, segundo informação de especialistas russos a IAEA variaram de 1 Sv a mais de 7,5 Sv. Pelo menos 20 pessoas receberam doses e tornaram-se de 10 Sv. E em 07/86 mais 100 pessoas foram hospitalizadas por causa do acidente.

# O Acidente Nuclear de Chernobyl – Visto Hoje

---

- O acidente de Chernobyl causou uma grande liberação regional de radionuclídeos na atmosfera e subsequente contaminação radioativa do meio ambiente.
- Muitos países europeus foram afetados pela contaminação radioativa; entre os mais afetados estavam três ex-repúblicas da União Soviética, agora Belarus, o Federação Russa e Ucrânia.
- Os radionuclídeos depositados decaíam gradualmente e moviam-se dentro e entre os ambientes - atmosférico, aquático, terrestre e urbano.
- Grandes áreas da Europa foram afetadas em algum grau pelos lançamentos de Chernobyl. Uma área de mais de 200000 km<sup>2</sup> na Europa estava contaminada com céσιο (acima de 0,04 MBq de <sup>137</sup>Cs/m<sup>2</sup>), dos quais 71% estavam nos três países mais afetados (Bielorrússia, Federação Russa e Ucrânia).
- A deposição foi altamente heterogênea; foi fortemente influenciado pela chuva quando as massas de ar contaminado passaram. No mapeamento da deposição, <sup>137</sup>Cs foram escolhidos porque é fácil de medir e é de significância radiológica. A maioria dos radioisótopos de estrôncio e plutônio foram depositados perto (menos de 100 km) do reator, devido a estarem contidos em partículas maiores.

# O Acidente Nuclear de Chernobyl – Visto Hoje

---

- Grande parte da liberação incluiu radionuclídeos com meias-vidas físicas curtas; radionuclídeos de longa duração foram liberados em quantidades menores. Assim, muitos dos radionuclídeos liberados pelo acidente já decaíram.
- Os lançamentos de iodo radioativo causaram preocupação imediatamente após o acidente. Devido à situação de emergência e a curta meia-vida do  $^{131}\text{I}$ , poucas medidas confiáveis foram feitas da distribuição espacial do iodo radioativo depositado (o que é importante na determinação das doses para a tireoide).
- As medições atuais de  $^{129}\text{I}$  podem ajudar a estimar melhor a deposição de  $^{131}\text{I}$  e, assim, melhorar a reconstrução da dose de tireoide.
- Após o período inicial, o  $^{137}\text{C}$  tornou-se o nuclídeo de maior importância radiológica, sendo o  $^{90}\text{Sr}$  de menor importância. Nos primeiros anos,  $^{134}\text{Cs}$  também foram importantes.
- A longo prazo (centenas a milhares de anos), os únicos radionuclídeos que se preveem serem de interesse são os isótopos de plutônio e os  $^{241}\text{Am}$ .

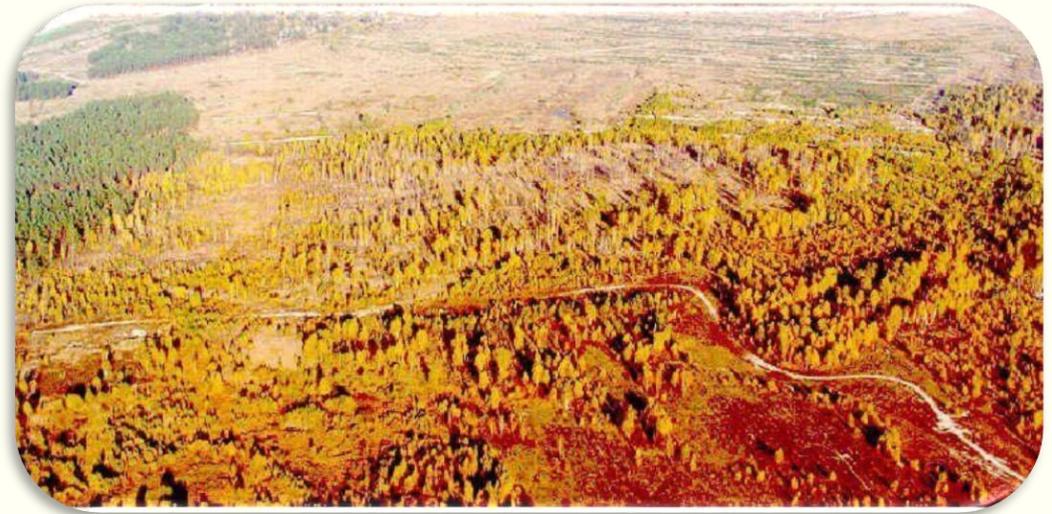
# O Acidente Nuclear de Chernobyl – Fotos

---



# O Acidente Nuclear de Chernobyl – Fotos

---



# O Acidente Nuclear de Chernobyl – Fotos

---



# O Acidente Nuclear de Chernobyl – Fotos

---



# Segurança Radiológica Nuclear

---

- Tem como objetivo PREVENIR o uso ilícito de materiais nucleares e radioativos, DETECTAR a presença desses materiais fora do seu emprego normal e RESPONDER a eventos acidentais ou malevolentes envolvendo esses materiais.
- Cenários
  - ❖ Detecção de níveis elevados radiação;
  - ❖ Perda, roubo, dano, incêndio de fonte perigosa;
  - ❖ Recuperação de uma fonte perigosa;
  - ❖ Eventos de transporte de materiais radioativos;
  - ❖ Desastres ambientais;
  - ❖ Segurança de eventos de alta visibilidade: Atentado terrorista (RDD ou RED), Contaminação/Exposição de público.

# Segurança Radiológica Nuclear

---

- Segurança de eventos de alta visibilidade: Atentado terrorista (RDD ou RED), Contaminação/Exposição de público.
  - ❖ RDD (Dispositivo de dispersão radiológica) – Qualquer método usado para dispersar material radioativo deliberadamente para criar terror ou danos. Uma bomba suja é um exemplo de um RDD. Ele é feito por explosivos (como dinamite) com material radioativo para ser dispersos quando a bomba explodir.
  - ❖ RED (Dispositivo de exposição radiológica) – Variação de RDD que envolve apenas a colocação de uma fonte radioativa em uma área pública para expor as pessoas que passam.
- De onde vem o material radioativo? Fontes radioativas para serem utilizadas como RDD e RED devem ter portabilidade combinada com níveis relativamente elevados de radioatividade. Ex.: Gamagrafia, cobalto terapia , braquiterapia tipo HDR e medidores nucleares.

# Segurança Radiológica Nuclear

---

- Para que as ações de segurança radiológica e nuclear sejam tomadas são necessários:
  - ❖ Conhecer os materiais radioativos; ✓
  - ❖ Conhecer os possíveis cenários; ✓
  - ❖ Analisar acidentes já ocorridos; ✓
  - ❖ Conhecer os Equipamentos de proteção individual (EPI) ✓
  - ❖ Ser capaz de medir e identifica-los; ✓
  - ❖ Fazer planejamento das ações de resposta a serem realizadas; ✓
  - ❖ Identificar as lições aprendidas; ✓
  - ❖ Estar capacitado para agir. ✓

# Equipamento de Proteção Individual (EPI)

---

- Os equipamentos de proteção individual, tem o seu uso regulamentado, pelo Ministério do trabalho e Emprego, em sua Norma Regulamentadora no 6 (NR no 6).
- Esta Norma define que equipamento de proteção individual é todo dispositivo de uso individual, destinado a proteger a saúde e a integridade física do trabalhador.
- Emprego do EPI
  - ❖ Sempre que as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou não oferecem completa proteção contra riscos de acidentes do trabalho ou doenças profissionais e do trabalho.
  - ❖ Enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas, reparadas ou substituídas.
  - ❖ Para atender a situações de emergência.

# Equipamento de Proteção Individual (EPI)

---

- As equipes de atendimento às emergências radiológicas, apesar da NR 6 do MT, seguem a classificação de níveis de proteção químicas utilizadas pelo governo norte americano, que afirma a necessidade de utilizar os equipamentos de proteção individual adequados, sempre que houver a possibilidade de ocorrer o contato com substâncias perigosas, que possam afetar a sua saúde ou a segurança.
- Isso inclui os vapores, os gases e as partículas sólidas, que podem ser gerados em virtude das atividades no local do acidente, propiciando, desta forma, o contato dos contaminantes com os membros das equipes. As máscaras faciais dos equipamentos autônomos de respiração protegem as vias respiratórias, o aparelho gastrointestinal e os olhos, do contato com tais substâncias. Já, as roupas de proteção protegem a pele do contato com substâncias que podem destruir ou ser absorvidas por ela.
- Os conjuntos de equipamentos destinados a proteger o corpo humano do contato com substâncias químicas foram divididos em quatro níveis pelo governo dos Estados Unidos (NFPA 471), de acordo com os graus de proteção requeridos, a saber:

# Equipamento de Proteção Individual (EPI)

---

- Roupas especiais de proteção – Nível A
  - ❖ Utilizada para proteger o usuário contra gases, vapores e partículas tóxicas, bem como contra produtos líquidos, especialmente em condições de risco extremo, com elevadas concentrações de produtos químicos perigosos. O nível de proteção (resistência química) desta veste depende do material utilizado. As roupas mais resistentes são confeccionadas com diversas camadas de materiais diferentes.



# Equipamento de Proteção Individual (EPI)

---

- Roupas especiais de proteção – Nível B
  - ❖ Esta roupa é especial para combate a substâncias químicas em condições que não ofereçam risco máximo a pele. Portanto, as roupas nível B podem não ser conectadas às luvas e botas. No entanto, assim como nas roupas nível A, oferecem proteção respiratória máxima pois estão associadas a equipamentos respiratórios autônomos.



# Equipamento de Proteção Individual (EPI)

---

- Roupas especiais de proteção – Nível C
  - ❖ O grau de proteção da roupa nível C para a pele é idêntico ao nível B, mas o grau de proteção respiratória é inferior. Pode ser utilizada com equipamento autônomo de proteção ou com mascarar com filtros químicos, dependendo da situação. O ambiente deve estar caracterizado e as substâncias envolvidas, bem como suas concentrações devem ser conhecidas



# Equipamento de Proteção Individual (EPI)

---

- Procedimento de paramentação
  1. Colocação e luvas de procedimento e sobre botas e selar com fita sobre a pele;
  2. Vestir macacão de pano, colocar novo par de luvas de procedimento e sobre botas, além de um dosímetro no bolso do macacão, fazendo uso de fitas para selar;
  3. Disponibilizar dosímetros de leitura direta para uso pelos IOEs, devendo ser colocado no bolso do macacão de pano;
  4. Vestir macacão de tyvek, colocando par de luvas emborrada e mais um sobre botas, tudo selado por fita;
  5. Colocar gorro de pano e a máscara facial completa com filtro, manter o filtro desencaixado da máscara;
  6. Colocar o gorro de tyvek selando com a máscara;
  7. Selar todos os espaços com abertura na roupa com fita, deixando uma aba na fita também chamada de “orelha”.

# Equipamento de Proteção Individual (EPI)

---

- Procedimento de desparamentação

1. Retirada das fitas gomadas visíveis;
2. Retirada da sobre bota e luvas;
3. Retirada do macacão Tyvek;
4. Retirada das fitas gomadas visíveis, sobre botas, luvas e dosímetro de leitura direta;
5. Retirada do macacão de pano;
6. Retirada das fitas gomadas visíveis e de sobre bota;
7. Retirada da máscara e gorro de pano;
8. Retirada da 1<sup>a</sup> luva de procedimento colocada;
9. Monitoração do IOE antes de encerrar sua atividade.

# Detecção das radiações ionizantes em situações de emergência radiológica

---

- Fatores que definem a escolha de um monitor:
  1. Tipo de radiação a ser mensurada;
  2. Resolução e eficiência de medição;
  3. Precisão e exatidão;
  4. Condições de operação e adequação ao ambiente;
  5. Tipo de resposta: taxa de contagem (cps) ou alguma grandeza;
  6. Facilidade de comunicação dos dados;
  7. Robustez e praticidade;
  8. Função: Monitoração, identificação ou monitoração/identificação;
  9. Custo.
- Características de monitores para atenderem os cenários:
  - I. Devem poder medir fótons e partículas beta;
  - II. Avaliar dependência energética e incerteza de medição;
  - III. Possuir praticidade de operação e resistência a impacto;
  - IV. Avaliar comportamento para medição em altas taxas de contagem;
  - V. Possuir mais de um monitor;
  - VI. Serem adequados a função;
  - VII. Ser capaz de monitorar superfícies e áreas.

# Detecção das radiações ionizantes em situações de emergência radiológica

---

## ■ Tipos de monitoração em atividades externas:

1. *Levantamento radiométrico* - Método eficaz para encontrar fontes perdidas ou pontos de contaminação no campo ou instalações, esse método consiste em varrer toda a área que se supõe estar contaminada ou exposta a uma fonte radioativa.
2. *Monitoração de superfícies* - Este método consiste monitorar a superfície em que provavelmente há material radioativo, para determinação precisa dos pontos de contaminação.
3. *Monitoração de pessoas* - A monitoração de uma pessoa deve ser feita sem o técnico esboçar qualquer tipo de reação facial, mesmo quando for encontrada uma contaminação elevada. Esta atitude visa evitar reações imprevisíveis do monitorado.

## ■ Ações de medição e identificação de agentes radioativos:

### I. *Ações de varredura*

- ❖ Levantamento radiométrico
- ❖ Monitoração de superfícies
- ❖ Monitoração de pessoas

### II. *Ações de controle de Acesso*

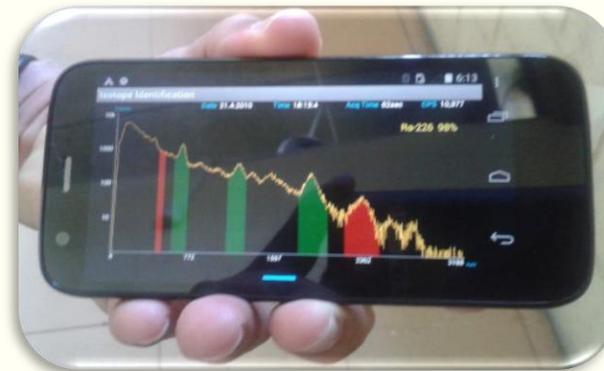
- ❖ Monitoração e Identificação
- ❖ Estabelecer 3 linhas de controle sendo a linha mais interna com maior capacidade de identificação (precisão e exatidão)



# Detecção das radiações ionizantes em situações de emergência radiológica

---

- Ações de varredura e controle – Monitoração e identificação por Mochila



# Organização genérica de resposta a uma emergência com material radioativo

---

- Organização genérica de resposta a uma emergência com material radioativo;
- Estabelecimento de um ponto de controle;
- Equipes de respostas a emergências com material radioativo;
- Lições aprendidas e capacitação.



# Organização genérica de resposta a uma emergência com material radioativo

---

- Em uma emergência o atendimento aos aspectos não radiológicos devem ter prioridade sobre os radiológicos, ex. salvar vidas, tratamento de lesões, combate a incêndio, proteção de pessoas, do meio ambiente e de propriedades. Após isso busca-se minimizar os riscos radiológicos para o público, trabalhadores de emergência e proteção ao meio ambiente.
- A organização genérica da resposta classifica as “pessoas” (ou organizações) responsáveis pela resposta da seguinte forma:
  - ❖ Iniciador da Resposta
  - ❖ Coordenador da Emergência
  - ❖ Controlador na Cena
  - ❖ Assessor Radiológico
  - ❖ Primeiro Respondedor



# Organização genérica de resposta a uma emergência com material radioativo

---

---

- *Iniciador da Resposta:* Primeiro profissional informado sobre uma emergência com autoridade para ativar um plano de emergência. Ex.: Polícia, Defesa Civil, Bombeiros, CNEN etc.
- *Coordenador da Emergência:* Profissional designado para dirigir a resposta. Ex.: Supervisor de PR, Gerente de Instalação, CNEN, etc.
- *Controlador de Cena:* É o responsável pelo gerenciamento de todas as operações no local do acidente. Ex.: Comandante bombeiro, Gerentes de equipes de resposta.
- *Assessor Radiológico:* É o responsável na cena pela monitoração de áreas e pessoas, controle da contaminação e o controle ocupacional dos trabalhadores de emergência, assim como, pela recomendação das ações de proteção a serem executadas. Ex. Profissionais de proteção radiológica.
- *Primeiro Respondedor:* É a primeira pessoa ou equipe a chegar à cena com funções específicas de resposta ao acidente. Ex.: Polícia, Defesa Civil, Bombeiros, etc.

# Estabelecimento de um Ponto de Controle

---

- *Ponto de controle:* Local por onde os trabalhadores de emergência acessam uma área isolada devido a um acidente radiológico ou nuclear.
- *Recomendação para montagem do Ponto de Controle:* Local radiologicamente limpo, onde se possa realizar a monitoração dos IOE no início e término das atividades, controlar a entrada e saída de IOE, equipamento e material, disponibilizar e fazer uso dos EPI para os IOE.
- A equipe do ponto de controle é a *última* a deixar o local da emergência.



# Equipes de Respostas a Emergências com Material Radioativo

---

- As ações a serem desenvolvidas em uma emergência radiológica ou nuclear podem envolver uma única equipe (precursora) ou diversas equipes com funções específicas em função do tamanho da emergência. Esta avaliação é feita pelo chefe da equipe precursora que é a primeira equipe técnica a chegar no local do acidente/emergência.
- Se este chefe de equipe avalia que sua equipe não possui IOEs em número suficiente para solucionar a emergência, esta produz o isolamento inicial da área e demais ações de sua competência e aciona as demais equipes.
- *Equipes de resposta a emergências:* Precursora; Levantamento Radiométrico e Resgate de fontes; Controle Ocupacional; Descontaminação e Rejeito; Apoio Logístico e Comunicações.

# Equipes de Respostas a Emergências com Material Radioativo

---

- **Precursora:** Faz avaliação IN LOCO da situação, produz o isolamento inicial da área, faz o levantamento radiométrico inicial, estabelece o controle inicial, sinaliza as fontes e a extensão da contaminação e plota um mapa com os focos de contaminação e localização das fontes.
- **Levantamento Radiométrico e Resgate de fontes:** Realiza o levantamento radiométrico e executa a ação de resgate das fontes de radiação identificadas.



# Equipes de Respostas a Emergências com Material Radioativo

---

- **Controle Ocupacional:** Exerce o controle ocupacional dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) nas atividades de ação de resposta.
- **Descontaminação e rejeito:** Realiza ações de descontaminação da área e superfícies contaminadas e providencia o recolhimento de todo o rejeito gerado.
- **Apoio logístico:** Responsável pelo suprimento de todo o material necessário para a realização da ação de resposta.
- **Comunicações:** Responsável pelo provimento dos meios de comunicação necessários para a atividade.

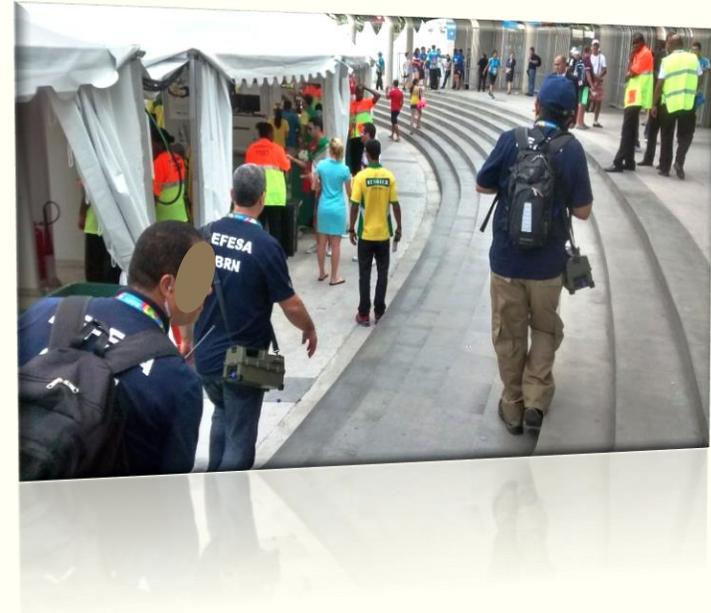


# Equipes de Respostas a Emergências com Material Radioativo

---

- *Medidas de proteção radiológica para IOEs:*
  - minimizar o tempo de permanência dos mesmos;
  - maximizar as distâncias entre os IOEs e o material radioativo;
  - usar blindagens, se disponíveis;
  - usar máscaras respiratórias para evitar inalação (EPR - equipamento de proteção respiratória);
  - usar roupas de proteção para evitar contaminação de pele (VPI - vestimenta de proteção individual);
  - usar dosímetros para controle de exposição.

*Obs.: EPI (equipamento de proteção individual) = EPR+VPI*



# Lições Aprendidas e Capacitação

---

- 1. Atribuição clara das tarefas e responsabilidades;*
- 2. Gestão da resposta médica;*
- 3. Gestão das provas periciais e forenses;*
- 4. Comunicação durante uma emergência.*



# Lições Aprendidas e Capacitação

---

- 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

# Lições Aprendidas e Capacitação

---



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.

# Para Reflexão

---

- *Proteção radiológica é uma função que é exercida por IOEs capacitados, não há nenhum curso de formação de tecnólogo e nem de técnico em proteção radiológica* previsto no catálogo nacional de cursos superiores de tecnologia e de técnicos do MEC.
- Assim repito uma pergunta que um gestor de empresa fez na RADIO2017 e eu em congresso em 2018 :

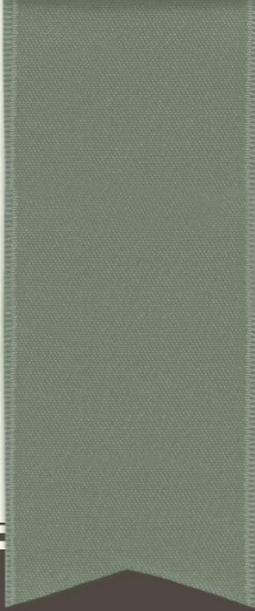
*Onde estão os profissionais de proteção radiológica que não encontro para contratar?*



# Referências bibliográficas

---

- IAEA -TECDOC-1344: Categorization of Radioactive Sources
- IAEA – Pub1239\_web: Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and Their Remediation: Twenty Years of Experience
- IAEA - EPR: Manual para Primeros Actuantes ante Emergencias Radiológicas (2007)
- IAEA - GS-R-2: Preparación y Respuesta a Situaciones de Emergencia Nuclear o Radiológica
- Tauhata, L., et al . Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos. Instituto de Radioproteção e Dosimetria. 10 revisão abril 2014 - Rio de Janeiro - IRD/CNEN. Rio de Janeiro - IRD CNEN: IRD CNEN, ISBN: 978-85-67870-02-1
- Heilbron Filho, P. F. L. et al Segurança Nuclear e do Meio Ambiente. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2004. ISBN: 85-87922-81-5



---

# Emergência Radiológica e Nuclear

*Prof. Luciano Santa Rita*  
*[www.lucanosantarita.pro.br](http://www.lucanosantarita.pro.br)*  
*[tecnologo@lucanosantarita.pro.br](mailto:tecnologo@lucanosantarita.pro.br)*