



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Prevenção e intervenção em situações de incidentes ou acidentes radiológicos (em radiografia industrial)

Pedro Vaz
(pedrovaz@ctn.ist.utl.pt)

“Curso de Protecção e Segurança Radiológica em Radiografia Industrial”
CTN, Novembro de 2015



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Sumário

- Parte I – Aplicações industriais e médicas de fontes radioactivas
- Parte II – Acidentes radiológicos – porquê e como ?
 - “Case studies”
- Parte III – Protecção e Segurança Radiológica, Dosimetria
 - Recapitulativo dos conceitos e conhecimentos relevantes
- Parte IV – Prevenção de acidentes radiológicos
- Parte V – Intervenção (e mitigação) após um acidente radiológico



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Sobre Risco...





DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Parte I

Aplicações industriais e médicas de fontes radioactivas

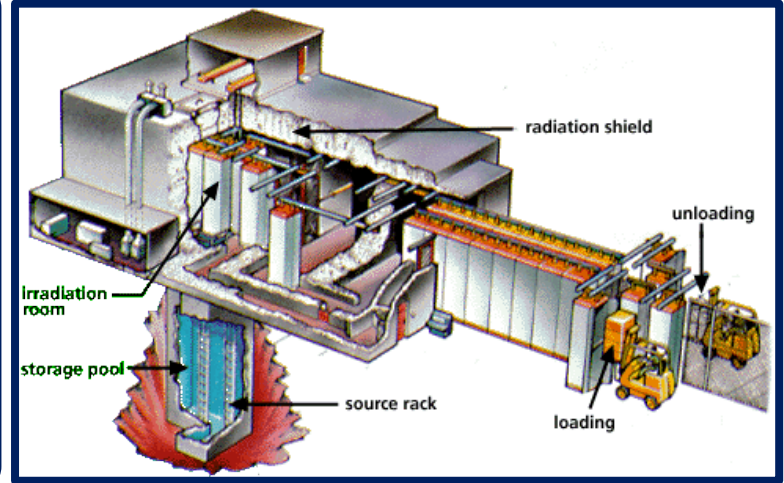


Fontes radioactivas utilizadas para aplicações pacíficas

Radioterapia



Irradiação de alimentos, dispositivos, etc.



RTG – Radioisotope
Thermoelectric Generators



Radiografia industrial





Fontes radioactivas utilizadas para aplicações pacíficas

Irradiadores de sangue



Prospecção de petróleo e gás



Medidores industriais



Fontes de braquiterapia



Engenharia e construção civil





DECN

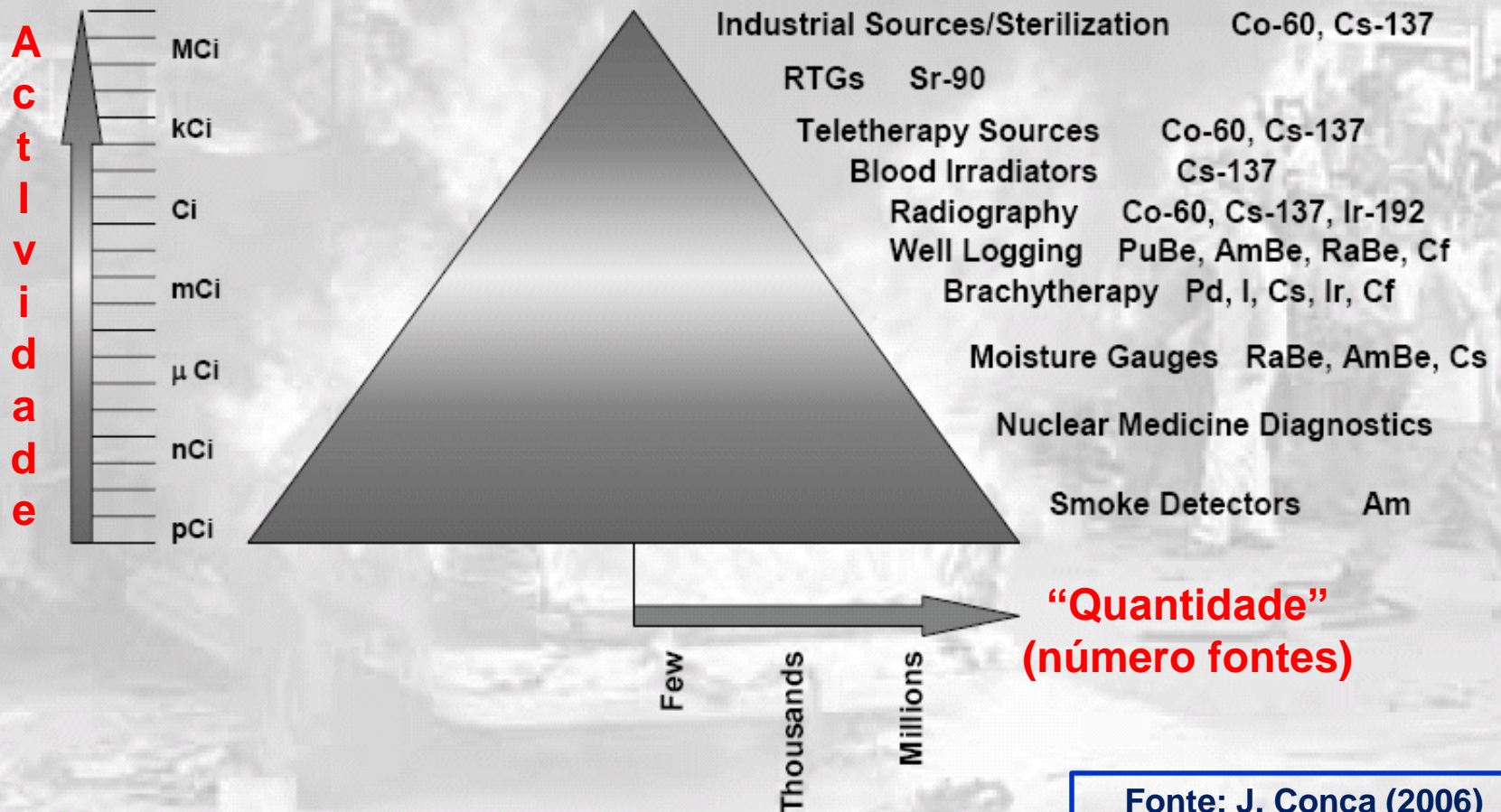
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Fontes Radioactivas

Aplicações, Actividade, Quantidades

**Small & Insignificant Sources Greatly
Out-Number Large & Hazardous Sources**

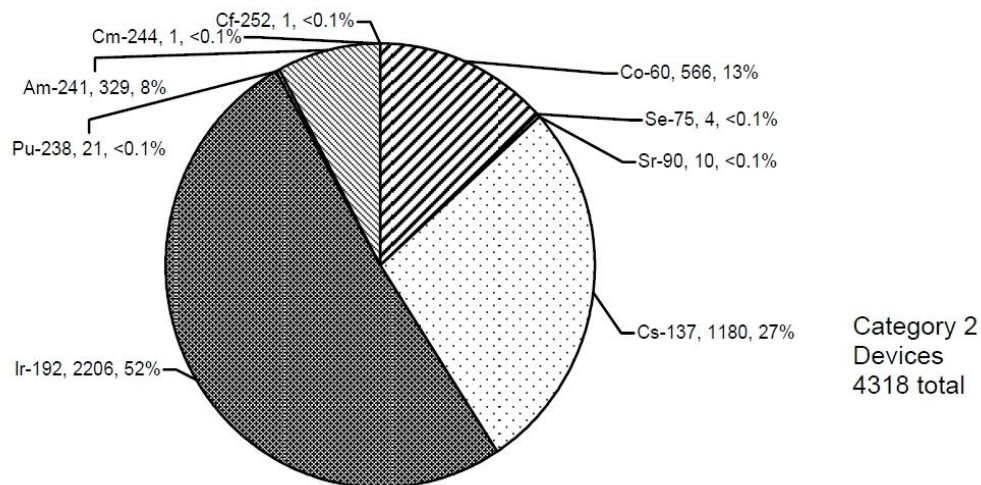
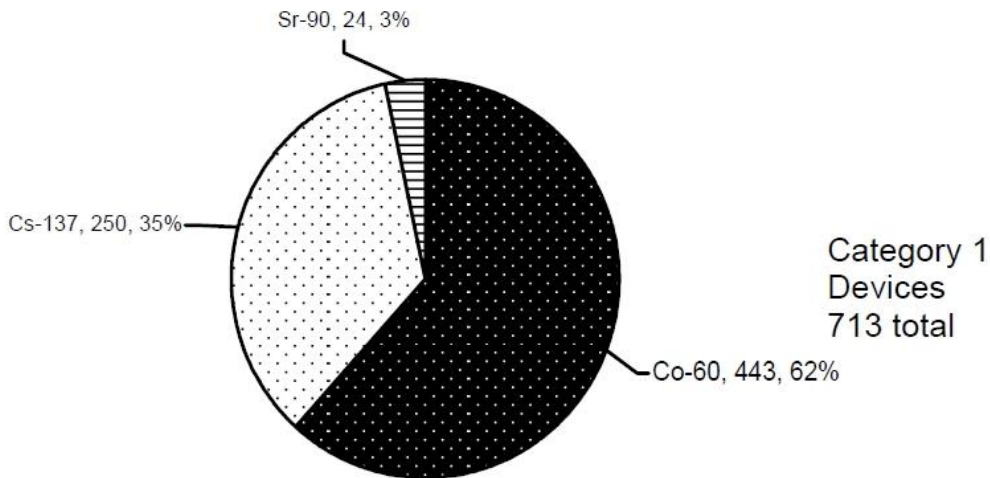


**“Quantidade”
(número fontes)**

Fonte: J. Conca (2006)



Tipos de Fontes Radioactivas EUA @ 2008



Extraído do relatório “*Radiation Source Use and Replacement*”, U.S. National Research Council, National Academy Press (2008)

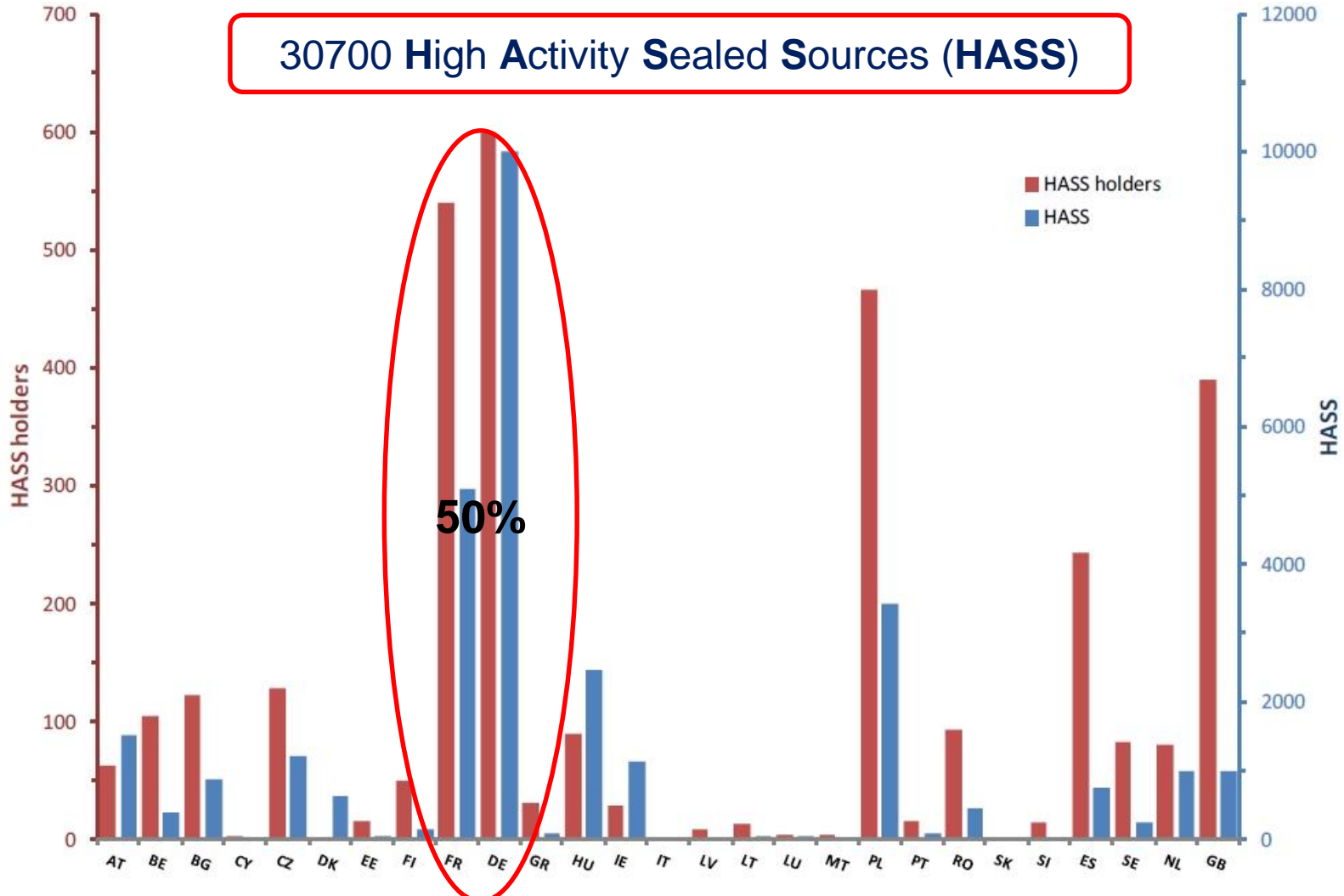


DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

HASS União Europeia @ 2014



Extraído do relatório da Comissão Europeia “RADIATION PROTECTION N° 179”



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Radiografia industrial (gamagrafia)

Ensaio não destrutivo que permite averiguar a qualidade de soldaduras (pipelines, etc.), detectar descontinuidades e variações de densidade em materiais, etc.



Tipos de fontes radioactivas

- ✓ Irídio-192
- ✓ Cobalto-60
- ✓ Selénio-75



**As doses em
radiografia industrial
são muito superiores
às doses em
radiografia “médica”**



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

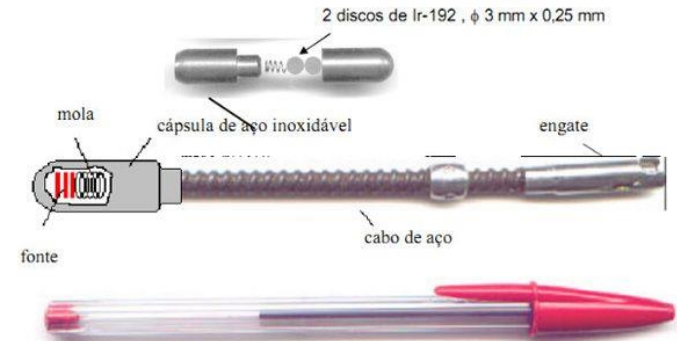
Radiografia Industrial

Equipamentos utilizando fontes de Irídio-192

Ir-192 (4.44 TBq)



Ir-192 4.44 TBq



Características das fontes seladas radioativas industriais comparadas com uma caneta BIC.



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Radiografia Industrial

Equipamentos utilizando fontes de Cobalto-60





DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Parte II

Acidentes radiológicos – porquê e como ?



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Definições...

- **Emergência (radiológica):**

- Situação ou acontecimento imprevisto em que existe um risco real ou potencial de exposição de indivíduos a radiações ionizantes

- **Incidente (radiológico):**

- Situação de emergência em que o risco de exposição é **BAIXO** e não existe a possibilidade de superação dos limites legais de exposição a radiações ionizantes

- **Acidente (radiológico):**

- Situação de emergência em que o risco de exposição é **ELEVADO** e existe a possibilidade de superação dos limites legais de exposição a radiações ionizantes



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Fontes radioactivas órfãs e Fontes radioactivas fora de uso

- **Fontes radioactivas fora de uso (“DSRS – Disused Sealed Radioactive Source”)**

- Uma fonte radioactiva é considerada fora de uso (DSRS) se:
 - ✓ A sua utilização para os fins desejados deixa de ser necessária
 - ✓ A sua actividade diminui para um valor inadequado para a utilização inicialmente prevista
- Quando uma fonte se encontra fora de uso:
 - O risco de perda de controlo aumenta
 - Pode permanecer com perigosidade elevada durante um intervalo de tempo considerável
 - A Segurança e Protecção Radiológica são cruciais

- **Fontes órfãs** – fonte que sai fora do controlo regulatório:
 - ✓ Perdidas
 - ✓ Roubadas
 - ✓ Abandonadas (deliberadamente ou por desconhecimento)





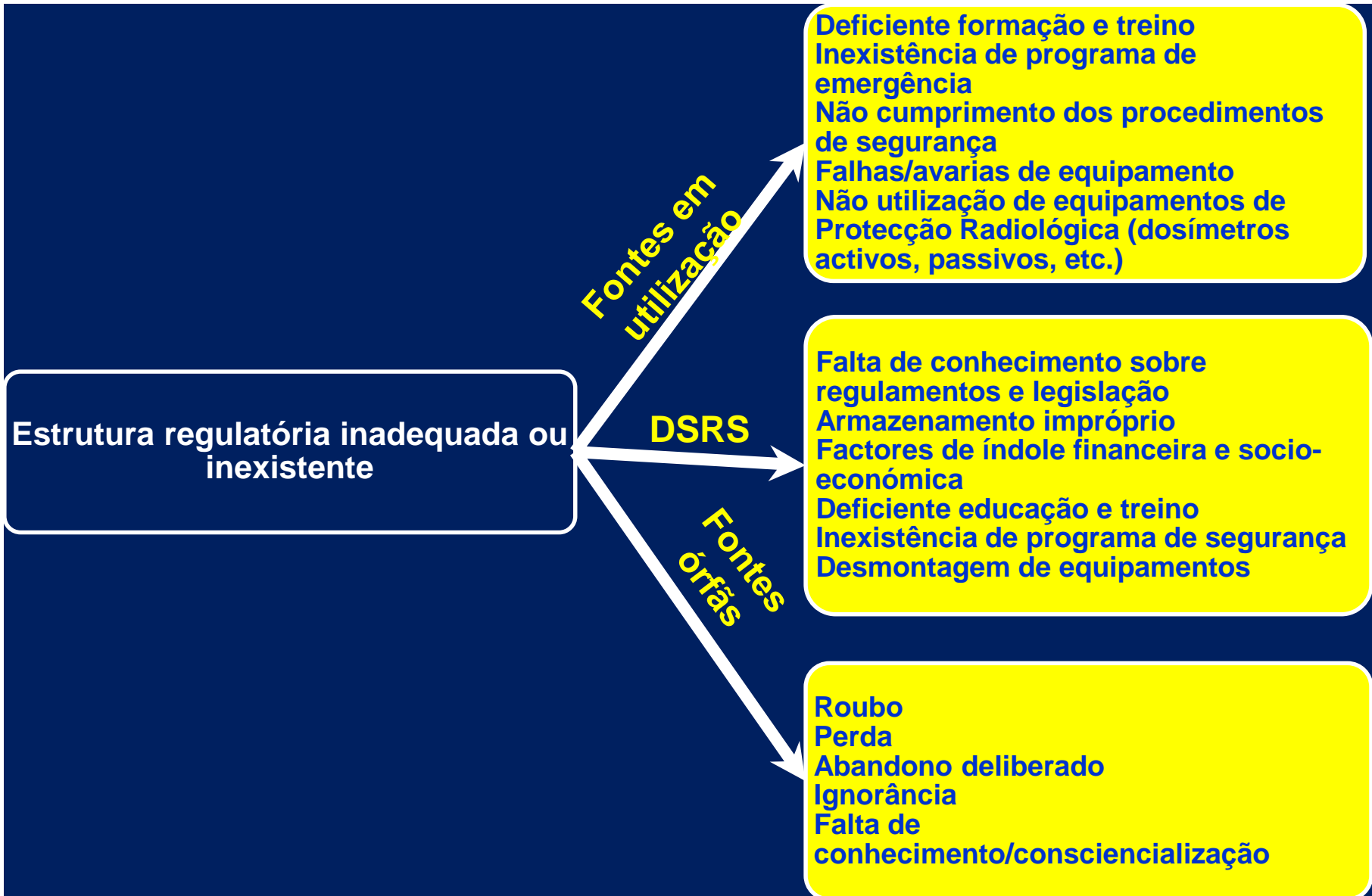
DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Acidentes/incidentes radiológicos

Causas comuns





DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Acidente radiológico na Polónia

Radiografia industrial

- The incident has happened during radiography work with Gammamat model TSI-3, containing Ir-192 source with activity at the time 2.6 TBq (70.2 Ci). The technician operating remote crank mechanism was not able to crank in the source to the shielded position. He asked for help company's radiation protection inspector (RPI). The RPI with the second worker came in the hurry, forgetting to take their individual dosimeters. The RPI had taken his own decision to return the source to the shielded position by manually grasping the guide tube and force the source to move it by gravity to the shielded container. The source was returned back to the safe position. The incident was on July 27th, but information about it was released by the company on 28 September, when the radiation burns of RPI became advanced. The National Atomic Energy Agency (NAEA) Regulatory Inspectors investigated the incident in October and finished investigations in December.*
- There were no doses obtained by the public. The doses of the workers were assessed on the basis of blood test (biodosimetry) and reconstruction of the event, based on the statements of involved workers. The doses of RPI were approximated as: whole body dose 365 mSv and extremity dose about 5 Sv to right hand. The doses of second worker were assessed by biodosimetry examination as whole body dose 182 mSv and extremity dose about 2,3 Sv. The blood tests were performed by Central Laboratory for Radiological Protection in Warsaw from blood samples taken at the beginning of October and repeated at the beginning of November. Final hands dose value of the more exposed worker still remains uncertain.*

Publicado no site da Agência Internacional para a Energia Atómica (AIEA)



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Acidente radiológico no Irão

Radiografia industrial

- *Two industrial radiographers who were involved in an oil refinery projects, overexposed by Gamma radiation of Ir-192, 35 Ci. On 23/09/2015, one of the radiographers dismantled the guide tube without noticing that the source/holder was detached and stocked in the guide tube due to not having survey meter with him. He put the guide tube in the car between the right front chair and back chair. During the night, one of the radiographers slept in the left front chair for about 6 hours while the other slept in the right front chair for about 4 hours in different times. When some mild symptoms of nausea and vomiting appeared in the first radiographer, he suspected of presence of source near him. So, he turned on the survey meter and found out that the source was inside the guide tube placed in the car. Then, the second radiographer returned the source to the projector.*
- *The accident was reported to the regulatory body accordingly and investigation started immediately. Based on the initial study the first radiographer may have received a whole body dose of 1.6 Gy and the second received about 3.4 Gy. Due to the high amount of the dose, both of the radiographers were admitted to the hospital for further medical surveillance and possible treatments.*

Publicado no site da Agência Internacional para a Energia Atómica (AIEA)



Acidentes radiológicos

Consequências





DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Parte III

Protecção e Segurança Radiológica

Dosimetria

Conceitos e conhecimentos básicos
(recapitulativo)



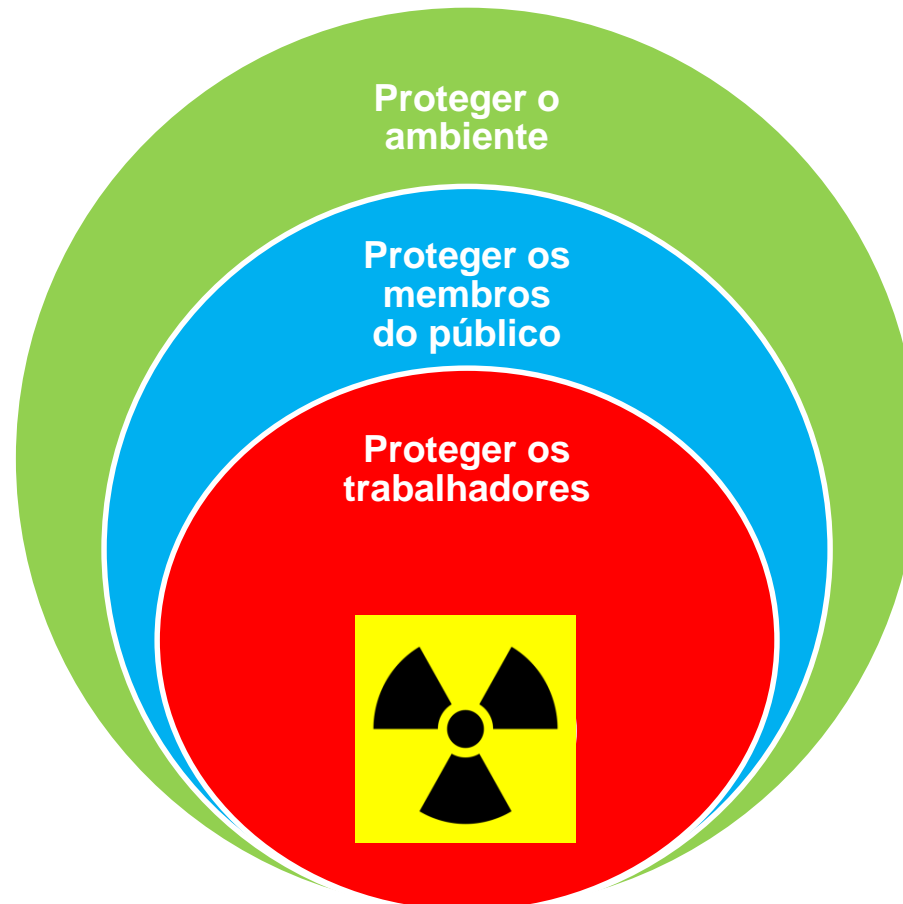
DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Fontes Radioactivas

Tópicos de Protecção e Segurança Radiológica





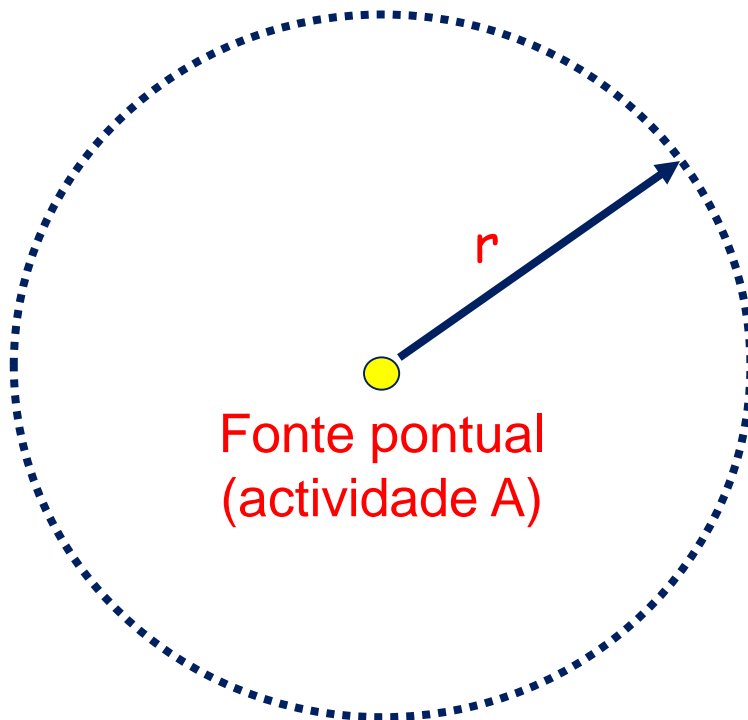
DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Fonte Gama Pontual Débito de Dose Equivalente

O débito de dose equivalente H à distância r de uma fonte considerada pontual de actividade A (desprezando absorção no meio) é proporcional à actividade e inversamente proporcional ao quadrado da distância



$$\dot{H} = \Gamma_H \cdot \frac{A}{r^2}$$

Unidades:

$$[\Gamma_H] = \left[\frac{\text{mSv}}{\text{h}} \frac{\text{m}^2}{\text{GBq}} \right]$$

Actividade
(em GBq !!!)

Distância
(em metro !!!)



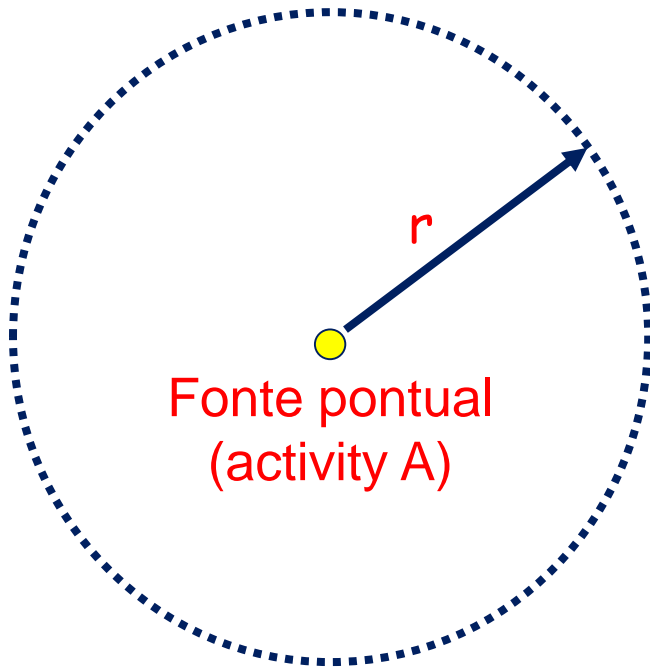
DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Fonte Gama Pontual Débito de Dose Equivalente

Débito de dose devido a fontes utilizadas em radiografia industrial



$$\dot{H} = \Gamma_H \cdot \frac{A}{r^2}$$

Unidades:

$$[\Gamma_H] = \left[\frac{\text{mSv}}{\text{h}} \frac{\text{m}^2}{\text{GBq}} \right]$$

Fontes radioactivas utilizadas em radiografia industrial - débitos de dose equivalente

Nuclido	Actividade (TBq)	mSv/h (a 1m)
^{192}Ir	3.7 TBq	480
^{60}Co	3.7 TBq	1300
^{75}Se	1.85 TBq	100
^{169}Yb	0.185 TBq	6.3



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Fonte Gama Pontual

Débito de Dose Equivalente

- EXERCÍCIO (TPC):

- a) Calcular o débito de dose de uma fonte de Ir-192 de actividade 50 Ci utilizada num equipamento de gamagrafia, a 1 m, a 5 m e a 10 cm de distância da fonte, assumindo que a fonte é pontual e não está blindada.
- b) Como interpretaria os resultados e como reagiria ?
- c) Numa situação real, em que um trabalhador se encontrasse às distâncias referidas da fonte, quais as consequências em função do tempo de exposição ?

(Dados: $\Gamma_H = 0,130 \frac{mSv}{h} \frac{m^2}{GBq}$)

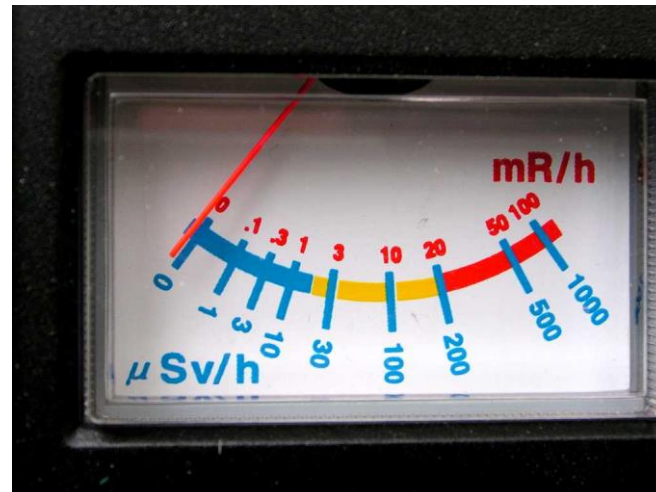


DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Que fazer/como interpretar os valores medidos de débitos de dose ?





DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Dose e débito de Dose

- Equipamento de detecção ou de monitorização de radiações fornece medições/indicações de **débitos de dose** ou **débitos de exposição** em
 - mSv/h ou μ Sv/h
 - mR/h

e não em valores totais de dose ou de exposição.

- Cálculos de dose também podem conduzir a valores em mSv/h ou μ Sv/h
- Como reagir aos valores medidos ? Como proceder ?

$$\begin{array}{ccc} \text{Dose} & = & \text{Débito de dose} \times \Delta t \\ \text{no tempo de exposição} & & \underbrace{\hspace{10em}} \\ \Delta t & & \text{leitura do equipamento} \\ & & \text{ou calculada} \end{array}$$



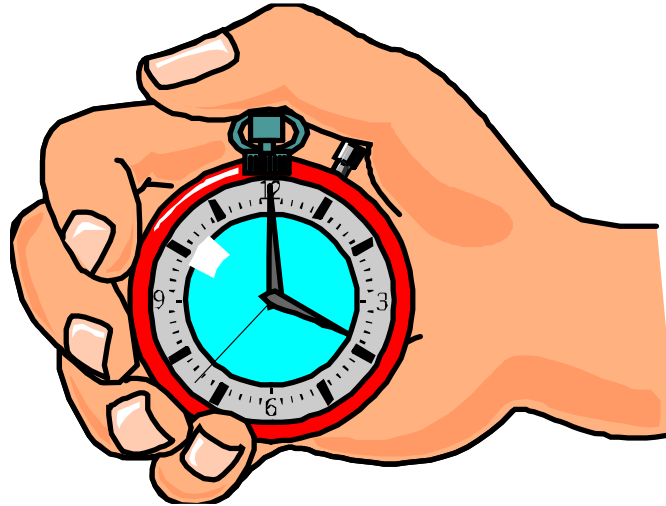
DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Minimizar o tempo de exposição

A dose é proporcional ao tempo de exposição!



$Dose = \text{Débito de dose} \times \text{Tempo}$



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Exercício (1)

- O débito de dose equivalente de uma fonte de Ir-192 não blindada a 1 metro de distância é de 480 mSv/h. Qual o tempo após o qual a dose efectiva a que está exposto um trabalhador posicionado a 1 m da fonte excede o “limite de dose” anual (assumir 20 mSv) ? Quais as hipóteses e simplificações utilizadas na resolução do exercício ?

(Tempo de resolução na aula: 2 minutos máx)

➤ Solução:

$$(20\text{mSv}) / (480 \text{ mSv/h}) = 0.042 \text{ horas} \rightarrow 2.5 \text{ minutos !}$$





DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Exercício (2)

- Na sequência de um incidente radiológico com um equipamento de radiografia industrial, não se consegue recolher a fonte que fica no pavimento do recinto, em modo de exposição. A fonte é de Co-60, de actividade 75 Ci. Para proceder à intervenção, torna-se necessário delimitar uma área de segurança no recinto, em torno da fonte. Qual a dimensão que deveria ser utilizada ? Como proceder ?
(Tempo de resolução na aula: 3 minutos máx)

➤ Resolução numérica:

$$\Gamma_H = 0,351 \frac{mSv}{h} \frac{m^2}{GBq}$$

$$75 \text{ Ci} = 75 \times 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq} = 2.775 \times 10^{12} \text{ Bq} \rightarrow 2775 \text{ GBq}$$

$$\dot{H}(r) = 0.351 \times \frac{2775}{r^2} \quad (\text{unidades : mSv /h})$$

distância (m)	débito de dose (mSv/h)
0.2	24350.625
1	974.025
5	38.961
10	9.74025
20	2.4350625



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Parte IV

Prevenção de acidentes radiológicos

(em radiografia industrial)



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Incidentes e acidentes

Causas comuns

“In many cases, incidents involving industrial radiography sources could have been prevented or their consequences could have been mitigated if the following precautions had been taken:

a) Radiographers:

- Should be properly trained and qualified, and they should be competent;*
- Should follow the local rules and other relevant procedures;*
- Should use survey meters before, after and during every exposure;*
- Should make regular and appropriate inspections of equipment and survey meters prior to use;*
- Should make proper use of emergency equipment;*
- Should make a final survey of the work area before leaving the site.*

b) Radiography equipment (including ancillary equipment) should meet current standards.”



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Prevenção de acidentes

Requisitos (1)

- Para a prevenção de acidentes, é imprescindível:
 - Formação, educação e treino dos trabalhadores:
 - ✓ Periódica
 - ✓ Adequada à actividade a desempenhar
 - ✓ Incidindo sobre aspectos “teóricos” e operacionais !!!
 - Manutenção dos equipamentos
 - Planeamento e Programação
 - Estrito cumprimento dos procedimentos operacionais
 - Estabelecimento de um Plano de Emergência (PdE)



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

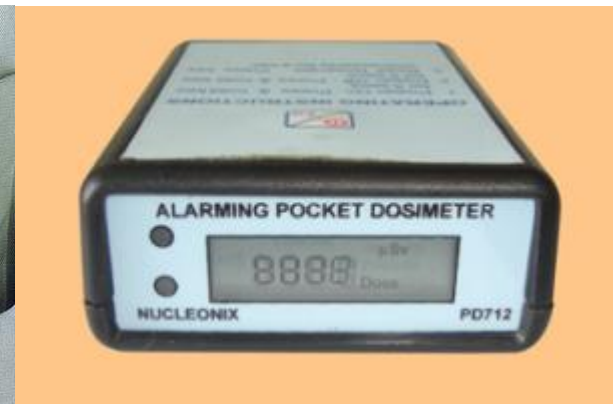
Prevenção de acidentes

Requisitos (2)

- Para a prevenção de acidentes, é imprescindível (cont.):

➤ Utilização de equipamentos de Protecção Radiológica, nomeadamente:

- ✓ Dosímetros TLD (passivos)
- ✓ Dosímetros de leitura directa com alarme acústico (activos)
- ✓ Equipamentos de monitorização radiológica pessoal e de área
- ✓ Contentores para fontes radioactivas
- ✓ Tijolos de chumbo
- ✓ Pinças
- ✓ Etc.





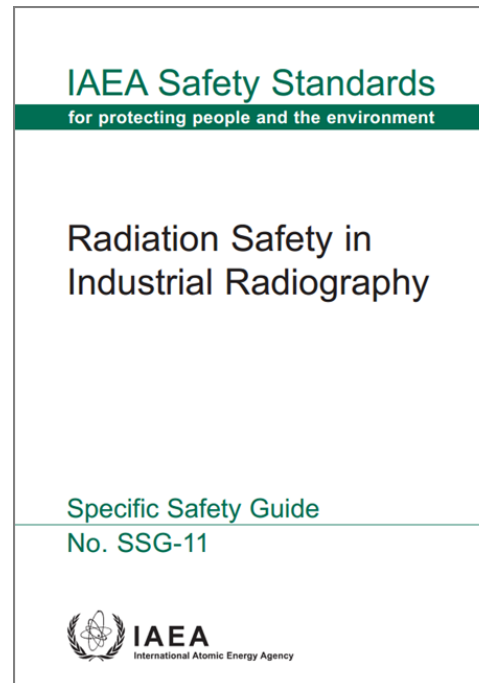
DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Parte V

Intervenção (e mitigação das consequências) após um acidente radiológico





DECN

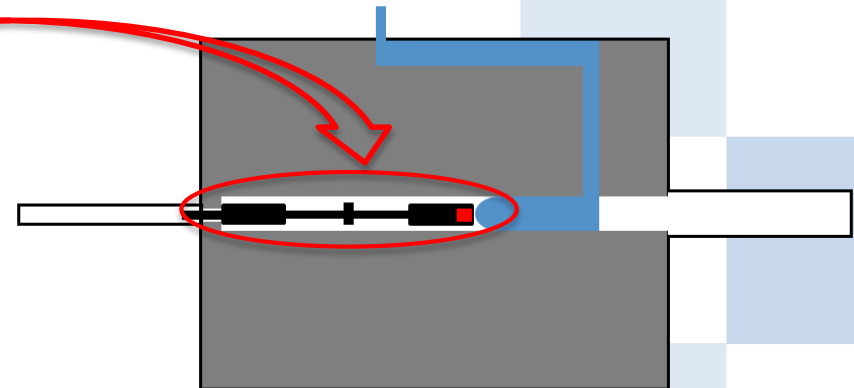
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Gamagrafia Equipamento típico



2 discos de Ir-192 , ϕ 3 mm x 0,25 mm, cada



Características das fontes seladas radioativas industriais



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Incidentes e Acidentes

Tipos mais frequentes

- **Desconexão do porta-fonte do tubo guia (cabo propulsor)**
- **O porta-fonte fica imobilizado em algum ponto do tubo guia**
- **Retração incompleta da fonte**
 - ✓ Problemas mecânicos da manivela
 - ✓ Cabo danificado
 - ✓ Etc.
- **Esquecimento do técnico operador de retrair a fonte ao finalizar a exposição**



Incidentes e Acidentes

Causas mais frequentes

- ✓ **Incumprimento dos procedimentos operacionais**
- ✓ **Formação e treino periódicos inadequados/inexistentes**
- ✓ **Manutenção inadequada do equipamento**
- ✓ **Erros humanos**
- ✓ **Incumprimento intencional dos procedimentos**
- ✓ **Mau funcionamento ou defeito do equipamento**

**Frequentemente:
Dosímetro de leitura directa não utilizado**





DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Tipos de incidentes/acidentes Cenários

- **Gamagrafia:** devem ser considerados – entre outros – os seguintes cenários (cf. IAEA SSG-11):
 - A source becomes stuck in the guide tube or the collimator, or near the entrance to the exposure device.*
 - Physical damage is caused that affects the shielding.*
 - A source becomes disconnected from its drive cable and remains in the guide tube.*
 - A source is projected out of the end of the guide tube.*
 - A pipeline crawler becomes stuck in a pipe with the source exposed.*
 - A source is lost.*
 - There is a fire.*
 - Unauthorized persons are present in the controlled area during an exposure.*



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Plano de Emergência (PdE) (1)

- O Plano de Emergência deve incluir (entre outros):
 - ✓ Aconselhamento sobre quando/em que circunstâncias implementar o PdE
 - ✓ Treino prévio para os trabalhadores que implementarão o PdE
 - ✓ Descrição e informação sobre o equipamento a utilizar na resposta a emergência
 - ✓ Dados técnicos e outros relevantes do ponto de vista da protecção radiológica para cada situação
 - ✓ Identificação das pessoas autorizadas/responsáveis/competentes para a implementação das diversas fases do PdE
 - ✓ Identificação de todas as pessoas e organizações que devem ser contactadas nas diversas fases do PdE, e respectivos contactos .



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Plano de Emergência (PdE) (2)

- O Plano de Emergência deve incluir (entre outros): (continuação)
- ✓ Procedimentos a seguir nas várias fases da intervenção, específicas de cada tipo de emergência identificada:
 - (i) **Fase inicial**, início da mitigação das consequências;
 - (ii) **Fase de planeamento** e de preparação da fase de recuperação;
 - (iii) **Fase de recuperação**, para retomar o controlo da situação;
 - (iv) **Fase pós-emergência**, regresso à situação normal;
 - (v) **Fase de “reporting”**: preparação de um relatório, incluindo a avaliação das doses;
 - (vi) **Re-encaminhamento dos indivíduos sobre-expostos** para especialistas médicos para acompanhamento clínico.



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Plano de Emergência (PdE) (3)





DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Intervenção

- Principais objectivos:
 - **Definir zona controlada, de acesso restrito**
 - **Retomar o controlo da fonte, diminuindo os débitos de dose**
 - **Evitar a sobre-exposição a radiações ionizantes de**
 - trabalhadores
 - membros do público
 - **Evitar a sobre-exposição dos trabalhadores envolvidos:**
 - ✓ Técnico operador e/ou
 - ✓ Responsável pela Protecção Radiológica e/ou
 - ✓ Perito Qualificado e/ou
 - ✓ Perito da Autoridade Reguladora e/ou
 - ✓ Representante do fabricante



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Acções a empreender Genéricas

- Para **minimizar a exposição** e permitir uma resposta adequada:
 - a) Restringir o acesso à zona circundante da fonte – estabelecer um perímetro de segurança e uma área controlada associada - assegurar que barreiras e sinalização estão colocadas no local adequado;
 - b) Notificar o Responsável pela Protecção Radiológica e, se necessário o Perito Qualificado / Especialista em Protecção contra Radiações;
 - c) Permanecer calmo, colocar-se a uma distância segura, planejar acções subsequentes e iniciar a implementação do PdE;
 - d) Nunca entrar em áreas de débitos de dose potencialmente elevados (e desconhecidos) sem equipamento de monitorização pessoal e portátil de monitorização dosimétrica e radiológica –utilizar preferencialmente dosímetros/equipamentos de leitura directa e/ou com sistema de alarme
 - e) Nunca tocar ou aproximar as mãos da fonte radioactiva;
 - f) Não exceder as competências pessoais ou autoridade assignadas pelo PdE e pelo Programa de Protecção Radiológica;
 - g) Procurar assistência de um Perito Qualificado / Especialista em Protecção contra Radiações, se necessário.



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Zona controlada

Perímetro de segurança





DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Responsabilidades

- **Técnico operador** – formação e treino em Protecção Radiológica
- **Responsável pela Protecção Radiológica (RPR)**
 - Identificado nominalmente e competências definidas no Programa de Protecção Radiológica (PPR)
 - Identificado nominalmente no Plano de Emergência (PdE)
- **Perito Qualificado / Especialista em Protecção contra Radiações (RPE) / Responsável pela Protecção contra Radiações (RPO)**
 - Identificado nominalmente no Programa de Protecção Radiológica (PPR)
 - Identificado nominalmente no Plano de Emergência (PdE)



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Acções a empreender Pelo técnico

- **O técnico operador** deve:
 - a) Reconhecer que uma situação anormal se produziu e que pode constituir uma situação de emergência radiológica.
 - b) Permanecer calmo e afastar-se da fonte. Assegurar que outros técnicos na proximidade tomem conhecimento do problema.
 - c) Medir e registar os débitos de dose utilizando dosímetros de leitura directa e/ou equipamento de monitorização e medição adequado.
 - d) (Re-)Estabelecer um perímetro de segurança e uma (nova) área de acesso controlado, delimitado por barreiras e sinalização, com base em valores de referência consistentes com os requisitos estabelecidos nos regulamentos e legislação existente.
 - e) Impedir o acesso ao perímetro de segurança e área controlada.
 - f) Não deixar a área controlada sem vigilância.
 - g) Informar o Responsável pela Protecção Radiológica da empresa prestadora do serviço, a empresa-cliente e procurar assistência.



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Acções a empreender Pelo RPR (1)

- O **Responsável pela Protecção Radiológica** (RPR) deve:
 - a) Planear um conjunto de procedimentos específicos a seguir, na base dos procedimentos estabelecidos no PdE, tendo em vista minimizar as doses potencialmente recebidas pelos indivíduos expostos durante tais procedimentos;
 - b) Posicionar-se fora do perímetro de segurança e da área controlada para ensaiar e planear os procedimentos a seguir, antes de entrar na área controlada para implementar o PdE;
 - c) Implementar o conjunto de procedimentos planeados, considerando a formação e os equipamentos disponíveis não permitindo que em nenhuma circunstância as mãos e outras partes do corpo entrem em contacto com a fonte;
 - d) Caso não se consiga executar com sucesso os procedimentos planeados, abandonar a área controlada e considerar um novo conjunto de procedimentos, mantendo a vigilância da área controlada;



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Acções a empreender Pelo RPR (2)

- O **Responsável pela Protecção Radiológica** (RPR) deve (cont.):
 - e) Se necessário, pedir assistência técnica a um Perito Qualificado / Especialista em Protecção Radiológica ou ao fabricante do equipamento;
 - f) Quando a situação de emergência termina e foi restabelecido o controlo da fonte, avaliar as doses recebidas e elaborar um relatório;
 - g) Enviar os dosímetros pessoais ao Serviço de Dosimetria para a determinação precisa das exposições individuais;
 - h) Enviar o equipamento danificado ou em funcionamento deficiente ao fabricante ou a um Perito Qualificado para análise detalhada e reparação antes de qualquer re-utilização;
 - i) Preparar um relatório sobre o acidente e notificar o Órgão/Autoridade Reguladora, nos moldes estabelecidos pelos regulamentos e legislação em vigor.



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Conclusões

“Lessons learnt” (1)

- A maioria dos incidentes e acidentes radiológicos em radiografia industrial poderiam ser evitados se o técnico operador e a equipa tivessem:
 - Seguido os procedimentos operacionais estabelecidos e documentados
 - Se os equipamentos utilizados e disponíveis fossem apropriados e tivessem a manutenção adequada
- O **procedimento operacional mais crítico para evitar acidentes** ou reduzir as consequências quando se produz um incidente ou acidente consiste na utilização de
 - ✓ **Monitor portátil de radiações e/ou**
 - ✓ **Dosímetro de leitura directa com alarme acústico,**
Para confirmar a posição da fonte radioactiva

Obrigatório



DECN

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Conclusões

“Lessons learnt” (2)

- A **formação contínua e o treino regular em segurança**, deficiente na maioria dos acidentes, é imprescindível.
- Uma efectiva **cultura de segurança** de todos os trabalhadores (incluindo “managers”) é imprescindível para evitar incidentes e acidentes.
- A **elaboração de um Plano de Emergência**, regularmente revisto e actualizado, é obrigatória.



DECN

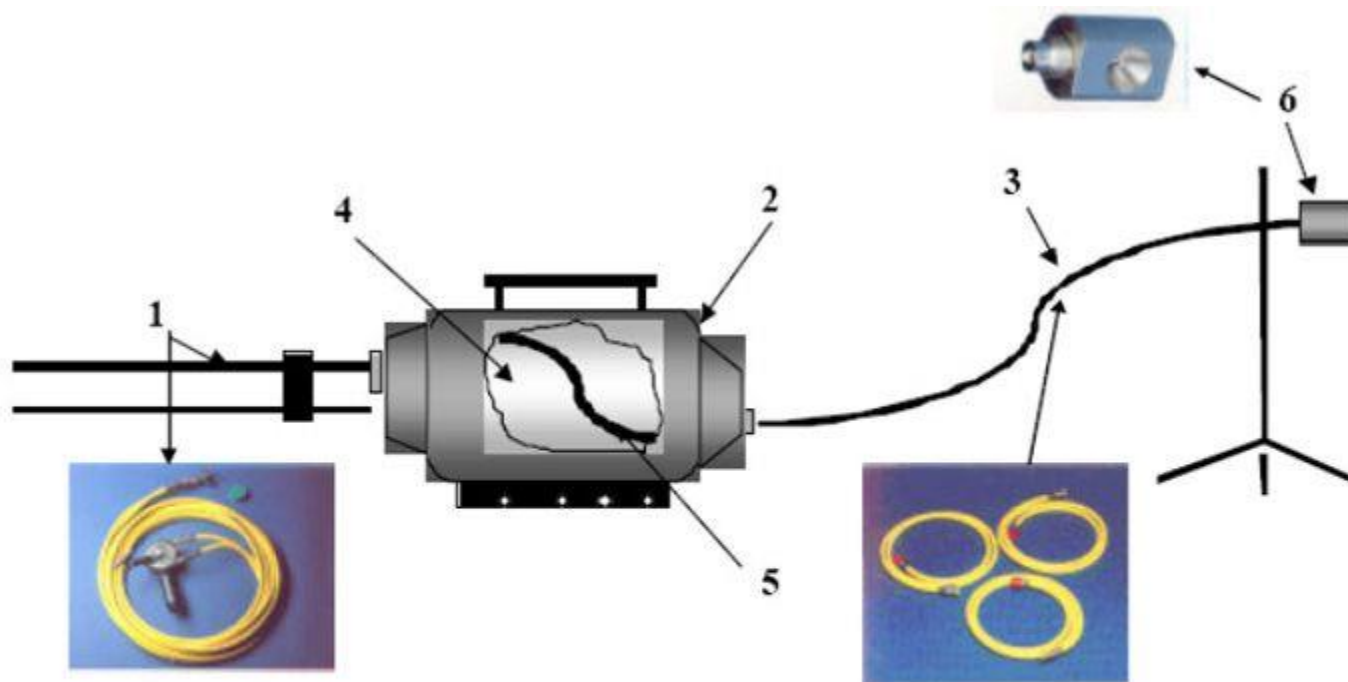
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Anexos



Gamagrafia industrial Equipamento



- 1 = Cabo de Comando ou tele-comando
- 2 = Irradiador
- 3 = Tubo Guia (flexível)

- 4 = Blindagem de Urânio Metálico
- 5 = Canal de trânsito da fonte em "S"
- 6 = Colimador

Esquema do Equipamento para Gamagrafia Industrial

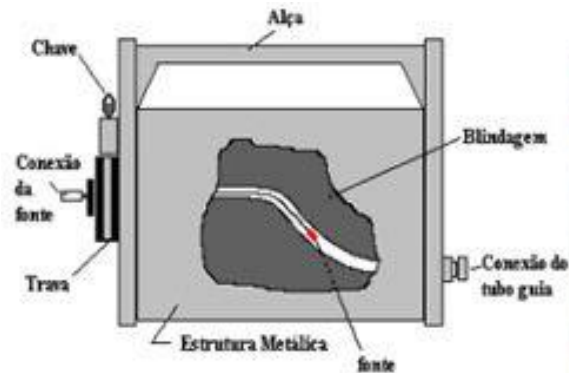


DECN

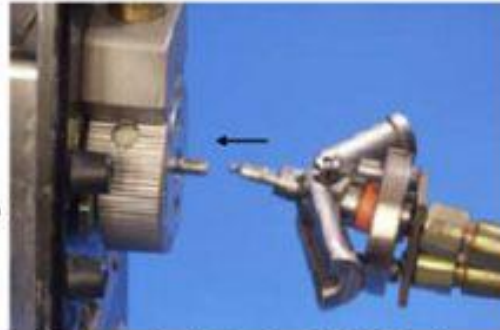
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
E CIÊNCIAS NUCLEARES

TÉCNICO LISBOA

Conexão da fonte



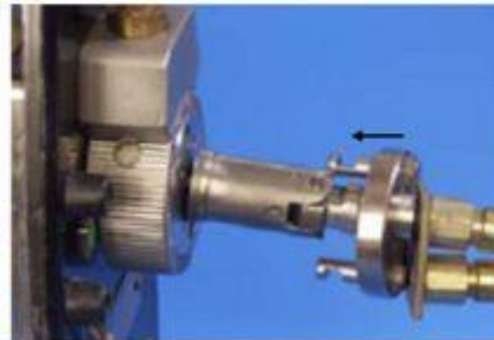
Irradiador Gama para Radiografia Industrial
Mod. Tech/Ops 660



Operação de conexão da fonte de Ir-192 - Fase 1



Operação de conexão da fonte de Ir-192 - Fase 2



Operação de conexão da fonte de Ir-192 - Fase 3



Operação de conexão da fonte de Ir-192 - Fase 4 (final)