

IMPLEMENTAÇÃO DAS GRANDEZAS DOSIMÉTRICAS NO BRASIL



Encontro Técnico de Proteção Radiológica
nas Áreas Médica e Industrial 15/3 - São Paulo

sapra
LANDAUER

Yvone M.
Mascarenhas

sapra
LANDAUER

SUMÁRIO

Proteção Radiológica - princípios

O que avaliar - Grandezas

Dosimetria Individual Externa

Como atribuir uma dose com dosímetros OSL ou TL

O que esperar da mudança Hx para Hp(10)

O USO DA RADIAÇÃO SISTEMA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA



- O uso de radiação ionizante deve ser **Justificado**
- Medico, Industrial
- Pesquisa e ensino
- Energia
- Militar e segurança.
- outros

Responsável: quem solicita o uso



- **Otimização** da proteção radiológica
- Para optimizar Temos que conseguir avaliar alguma grandeza.

Responsável: supervisor proteção radiológica da Instituição



- **Limitação** de doses individuais
- Para limitar temos que conseguir avaliar alguma grandeza.

PROTEÇÃO RADIOLÓGICA: PARA QUEM?



Público

- Desavisado
- Benefício zero
- Garantia de um local de público livre radiações.



Trabalhador

- Instruído
- Trabalho
- Treinamento
- Responsável também pela proteção do público e do paciente.



Paciente

- Necessidade
- Benefício
- Garante exame de qualidade com técnica apropriada e otimização de dose.

O QUE AVALIAR PARA PODER CONTROLAR?

O que avaliar é a **GRANDEZA**

Uma grandeza física é uma quantidade que pode ser medida e representada por um número associado a uma unidade de medida.

A **medição de uma grandeza** pode ser efetuada por

- 1) Comparação direta** com um padrão ou com um aparelho de medida (**medição direta**),
- 2) Ser calculada**, através de uma expressão conhecida, à custa das medições de outras grandezas (**medição indireta**).

EXEMPLO 1

Escolha da grandeza apropriada



- a) Avaliar se uma pessoa está crescendo
Medimos a **GRANDEZA ALTURA** em **METROS**

- b) Avaliar a probabilidade de doenças cardíacas
Medimos a **GRANDEZA PERIMETRO ABDOMINAL** em **METROS.**

A grandeza ESCOLHIDA depende da análise a ser feita.

Neste caso usamos o mesmo instrumento de medida – fita métrica calibrada em cm.

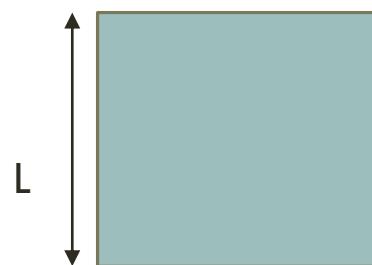
EXEMPLO 2 - PERÍMETRO E ÁREA (CONCEITO)

Barbante + régua + transferidor

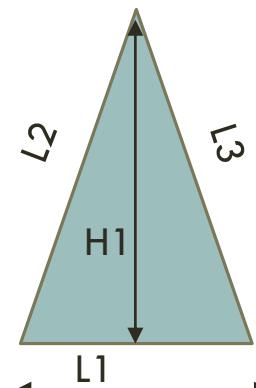
} unidade

Régua = aparelho de medida

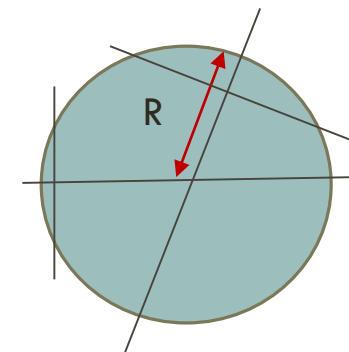
Transferidor = aparelho de medida



Perímetro = $4*L$
Cálculo
Área = $L*L$



Perímetro = $L1 + L2 + L3$
Cálculo
Área = $\frac{1}{2} L1 * H1$
Tem que medir a altura
(outra grandeza)



Perímetro → mede raio !!
Medido com barbante + régua
Medimos o raio =
Calcula o perímetro = $2\pi R$
Calcula área = $\pi * R^2$

EXEMPLO

Limitantes da medida das grandezas

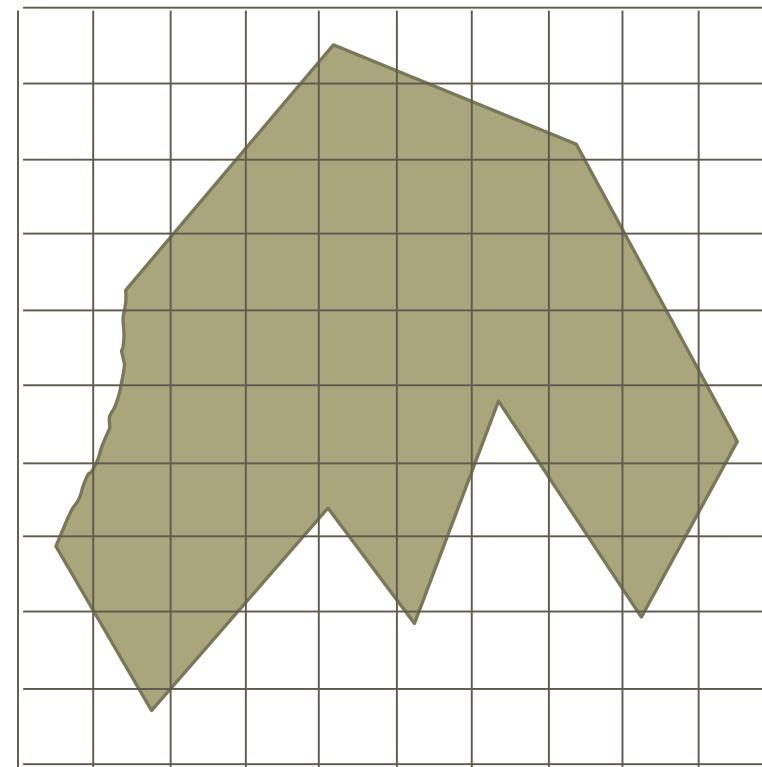
Barbante + régua + algoritmos

Comprimento barbante – limitante

Elasticidade do barbante - limitante

Precisão régua – limitante

.....



RADIAÇÃO

Uso da radiação – Benefícios e Riscos

Objetivo: Maximizar benefícios e minimizar riscos ao homem e ao meio ambiente

Para poder controlar o uso da radiação

Definição das Grandezas



Fundação 1928

Definição Unidades



International Commission on
Radiation Units & Measurements

Fundação 1925

Definição Normatização



Fundação 1957

RADIAÇÃO

Exposição X = $dQ/\delta m$ (Coulombs/Kg)

Sistema internacional – SI : Roentgen $2,58 \times 10^{-4}$ nas CNPT (bom para X e gama)

Dose Absorvida (D) = quantidade de energia absorvida por um elemento de massa.
[J/Kg] = Gray

Equivalente de dose H_x – equivale a medida do dosímetro avaliada em Kerma no ar multiplicado por um fator.

$$H_x = 1,14 * K_a$$

Dose equivalente pessoal H_{p(10)} = Dose absorvida em tecido mole a uma profundidade de 10mm da superfície da pele. [J/kg] = Sievert

DOSIMETRIA PESSOAL

A) Se enquadra nos **Procedimentos estabelecidos de Proteção Radiológica do trabalhador ocupacionalmente exposto radiação ionizante**

B) É um **requisito mandatório**

Saúde (CNEN / MS/ MT)

Industria (CNEN / MT)

Ensino & pesquisa (CNEN/MS/MT)



International Atomic Energy Agency
Atoms for Peace



Comissão Nacional
de Energia Nuclear

*Certificação Brasil
CASEC/IRD/CNEN
a) Como certificar
b) Limites certificação*

*SMIE – SERVIÇO
MONITORAÇÃO
INDIVIDUAL
EXTERNA*

DOSIMETRIA PESSOAL CERTIFICAÇÃO CASEC/IRD/CNEN

Inicio 1995

Serv. certificados no Brasil para H_x

Públicos: 5

Privados: 5

Resumo dos requisitos transição

- a) Dose: (0,2 – 2.000) mSv
- b) Incidências: normal e angular
- c) Condições ambientais: Temp/Umidade/Luminos.
- d) Estabilidade do sinal: mínimo 90 dias

Grandeza dosimétrica:

H_x (*transicionando para $H_p(10)$*)

Tipo de radiação: X e gama

N30 – ^{60}Co

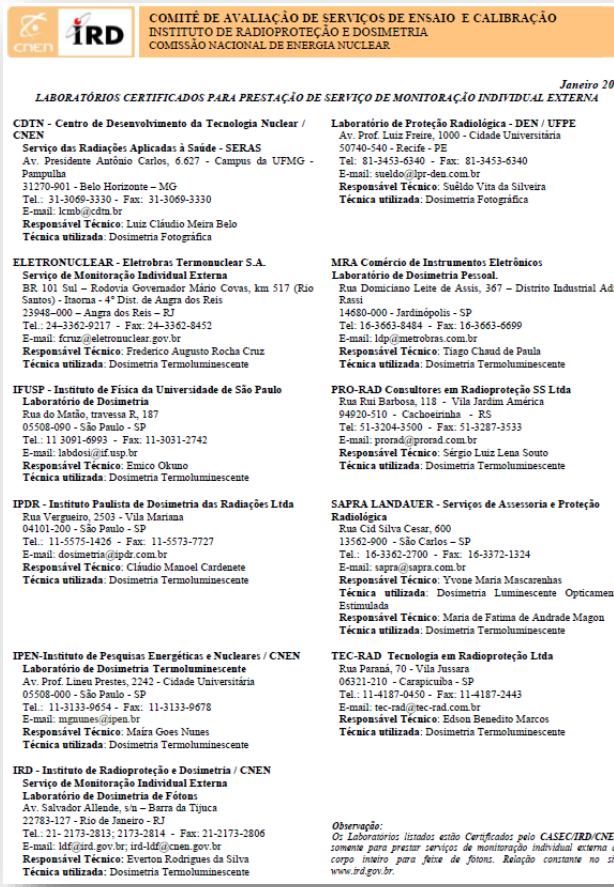
Monitor de corpo inteiro

Na Transição para $H_p(10)$

- 1) É mandatório que tenhamos implantado as grandezas dosimétricas nos Lab. de Calibração para que os SMIES elaborem seu algoritmo apropriado

$\{m_1, m_2, \dots, m_n\} \rightarrow H_{ref} \text{ (mSv)} \ H_p(10)$

DOSIMETRIA PESSOAL CERTIFICAÇÃO CASEC/IRD/CNEN



**Laboratórios de dosimetria
pessoal (SMIEs) certificados.
Temos hoje no Brasil:**

# Laboratório	Técnica
8	TLD
1	OSL
2	Filme - mudando para TLD ou OSL

Observação:
Os Laboratórios listados estão Certificados pelo CASEC/IRD/CNEN
para prestar serviços de monitoração individual externa de
corpo inteiro para fins de fotoradiação conforme no site
www.ird.gov.br

DOSIMETRIA PESSOAL: TL OU OSL

Etapa 1: Material + Radiação Ionizante → Estado Excitado Meta Estável

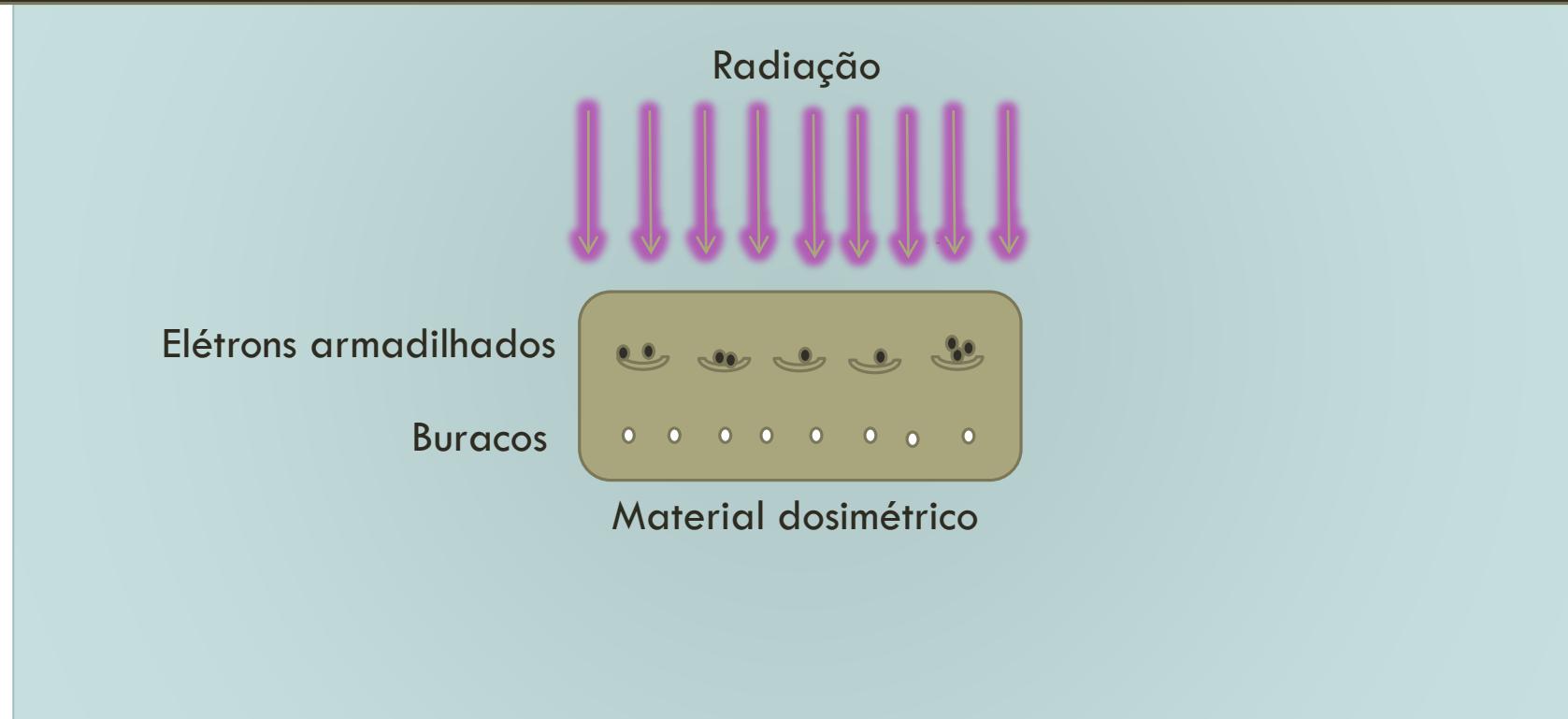
Etapa 2: Estado Meta Estável + Excitação Controlada → Luminescência

Etapa 3 : Luminescência + algoritmo → Dose

- Porta dosímetro que acomoda os elementos dosimétricos e filtros
- Para cada componente desse processo temos características específicas que devem ser consideradas.
- É somente na etapa 3 que temos a definição de **grandezas e unidades para avaliação da dose** objetivando a proteção radiológica de Individuo Ocupacionalmente Exposto - IOE

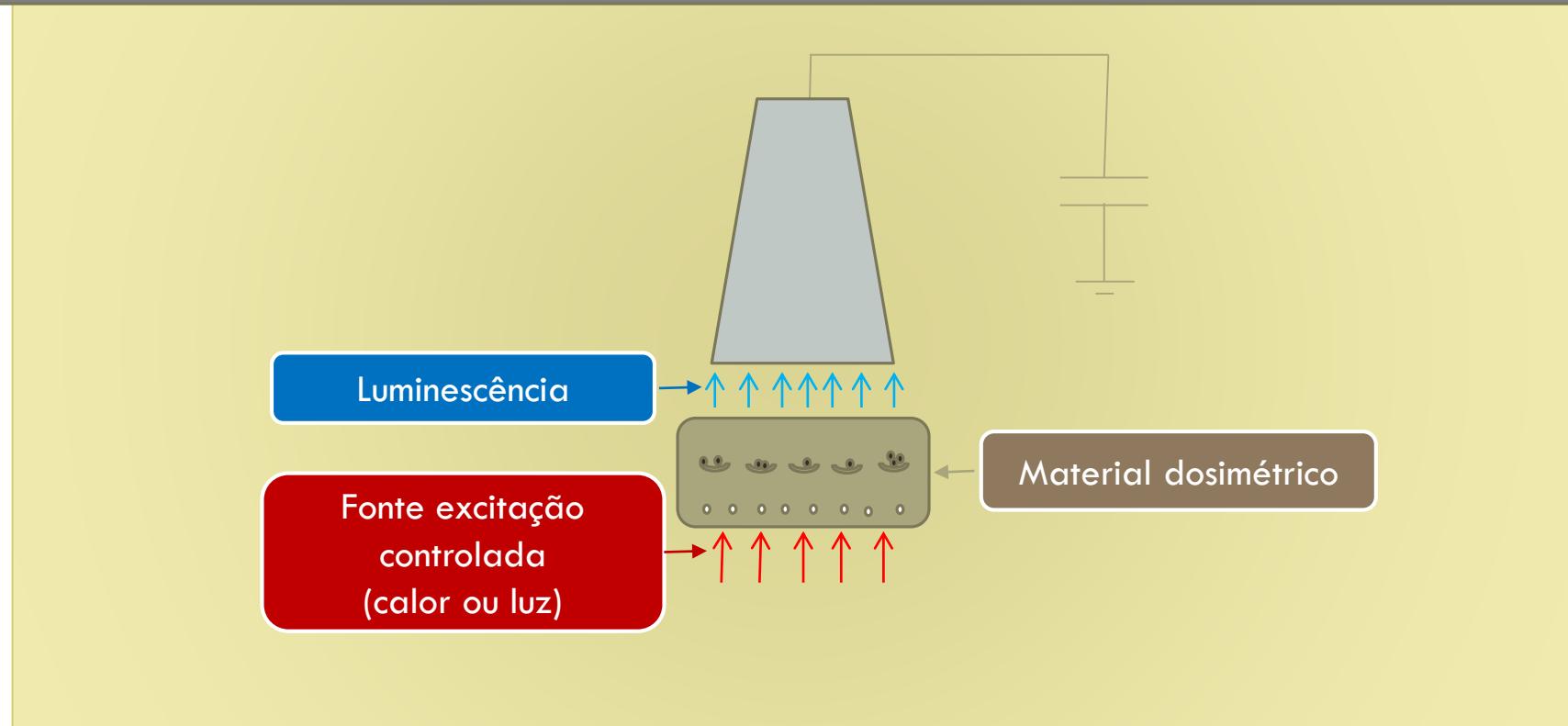
DOSIMETRIA PASSIVA, TEMOS VARIAS ESCOLHAS: TÉCNICA, MATERIAL, PORTA DOSÍMETRO, TEMPO, LOCAL E **GRANDEZA**

Etapa 1: Material + Radiação Ionizante → Estado Excitado Meta Estável



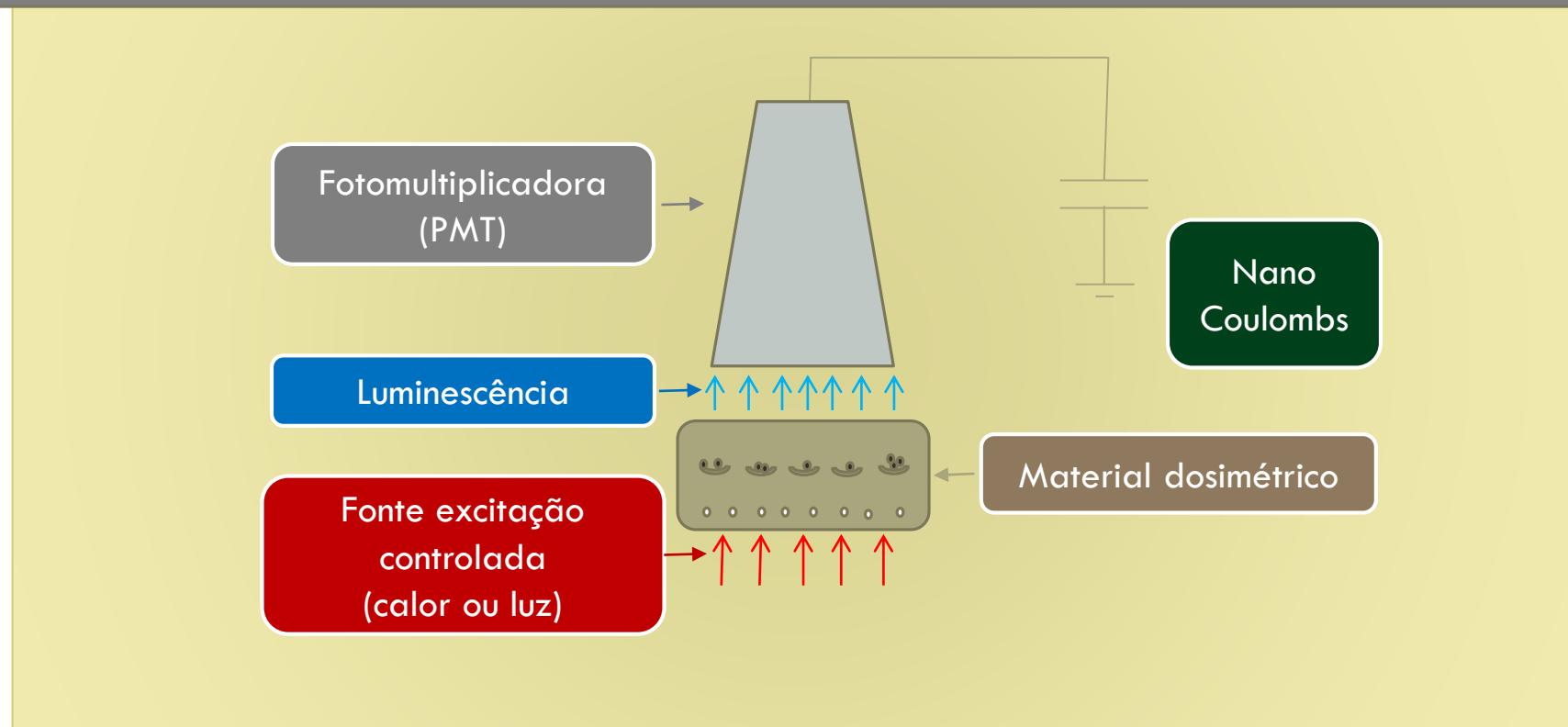
DOSIMETRIA PASSIVA, TEMOS VARIAS ESCOLHAS: TÉCNICA, MATERIAL, PORTA DOSÍMETRO, TEMPO, LOCAL E **GRANDEZA**

Etapa 2: Estado Meta Estável + Excitação Controlada → Luminescência



DOSIMETRIA PASSIVA, TEMOS VARIAS ESCOLHAS: TÉCNICA, MATERIAL, PORTA DOSÍMETRO, TEMPO, LOCAL E **GRANDEZA**

Etapa 2: Estado Meta Estável + Excitação Controlada → Luminescência



DOSIMETRIA PASSIVA, TEMOS VARIAS ESCOLHAS: TÉCNICA, MATERIAL, PORTA DOSÍMETRO, TEMPO, LOCAL E **GRANDEZA**

Etapa 3 : Luminescência + algoritmo → Dose

Como relacionar o que medimos?

$\{m_1, m_2, \dots, m_n\} \rightarrow$ Dose (mSv)

H_x

$H_p(10)$

Exposição - G_y

Como ser preciso e correto no domínio necessário para dosimetria pessoal?

Considerar as variáveis de influência {tipo de radiação , energia, ângulo incidência, range de resposta, condições ambientais, estabilidade}

DOSIMETRIA PESSOAL – COMO ATRIBUIR DOSE DIFERENÇA ENTRE H_x E $H_p(10)$

Não temos uma dosimetria absoluta – sempre é necessário elaborar um algoritmo que relate as medidas com um **valor de Dose conhecido**.

$$\{m_1, m_2, \dots m_n\} \rightarrow \text{Dose (mSv)}$$

É nesse momento que :

- 1) Conhecemos exposição – mGy livre no ar (câmara de ionização)
- 2) Como relacionar a Dose (mSv) com o valor de Exposição (mGy)

H_x : Equivalente de Dose (mSv)=1,14 mGy para todo o range de energia (Raios-x a ^{60}Co)

$H_p(10)$: Dose equivalente , definida como sendo a dose a uma profundidade de 10mm da superfície do fantom – depende da qualidade e ângulo de incidência do feixe de radiação .

Para energia $> 100\text{keV}$, os resultados são muito próximos $H_p(10) \sim H_x$

5.5.5. Grandeza operacional para monitoração individual

São grandezas definidas no indivíduo, em um campo de radiação real, e devem ser medidas diretamente sobre o indivíduo. Como seus valores podem variar de pessoa para pessoa e com o local do corpo onde são feitas as medições, é necessário se obter valores que sirvam de referência. Como os dosímetros individuais não podem ser calibrados diretamente sobre o corpo humano, eles são expostos sobre fantomas. Devido à dificuldade de fabricação da esfera ICRU, são utilizados simuladores alternativos, por exemplo, em forma de paralelepípedo, feitos de polimetilmetacrilato (PMMA) de dimensões 30 cm x 30 cm x 15 cm, maciços ou cheios de água.

5.5.5.1. Equivalente de Dose Pessoal (Individual dose equivalent), $H_p(d)$

O *Equivalente de dose pessoal* $H_p(d)$ é o equivalente de dose em tecido mole, numa profundidade d , abaixo de um ponto especificado sobre o corpo. A unidade utilizada é também o sievert. Da mesma forma que no *Equivalente de dose direcional*, tem-se: $H_p(0,07)$ e $H_p(3)$ para pele e cristalino para radiações fracamente penetrantes, respectivamente e, $H_p(10)$ para as radiações fortemente penetrantes.

O $H_p(d)$ pode ser medido com um detector encostado na superfície do corpo, envolvido com uma espessura apropriada de material tecido-equivalente.

5.5.5.2. Equivalente de dose para fótons (Photon dose equivalent), H_X

Para fótons com energia menor que 3 MeV, H_X é igual à leitura de um dosímetro de área que, calibrado na câmara de ar-livre com as radiações gama do ^{60}Co para a medição da *Exposição X*, em Roentgen, multiplicada pelo fator $C_1 = 38,76 \text{ Sv } C^{-1} = 0,01 \text{ Sv } R^{-1}$.

$$H_X = C_1 \cdot X \quad (\text{Sv})$$

Para monitoração individual para fótons, o *Equivalente de Dose* $H_p(10)$ pode ser provisoriamente substituído pela *Dose Individual* H_X , superfície do tórax, calibrado em *Kerma no ar*, multiplicado pelo fator $f = 1,14 \text{ Sv } Gy^{-1}$.

$$H_p(10) \cong H_X = f \cdot K_{ar} \quad (\text{Sv})$$

LABORATÓRIOS DE CALIBRAÇÃO CERTIFICAÇÃO CASEC/IRD/CNEN



COMITÉ DE AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS DE ENSAIO E CALIBRAÇÃO
INSTITUTO DE RADIODIFUSÃO E DOSIMETRIA
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

Janeiro 2006
LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PARA PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DE CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE
MEDIDA PARA RADIAÇÕES IONIZANTES USADAS EM RADIODIFUSÃO

Laboratório Designado pelo INMETRO como Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes

IRD - Instituto de Radioproteção e Dosimetria / CNEN - Laboratório de Calibração
Av. Salvador Allende, s/n - Recreio dos Bandeirantes - 22780-160 - Rio de Janeiro - RJ
Tel: 21 - 2173-2858 - Fax: 21 - 2442-1605
E-mail: cliente@ird.gov.br
Responsável Técnico: Tânia S. Cabral

Laboratórios Certificados pelo CASEC/IRD/CNEN

CDTN - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia
Nuclear / CNEN,
Serviço das Radiações Aplicadas à Saúde - SERAS
Av. Presidente Antônio Carlos, 6.627 - Campus da
UFMG - Pampulha
31270-901 - Belo Horizonte - MG
Tel: 31-3069-3330; 3069-3429 - Fax: 31-3069-3425
E-mail: soaresc@cdtn.br
Responsável Técnico: Carlos Manoel Assis Soares
Certificação: Calibração de instrumentos com radiação
gama e Calibração de monitores de contaminação alfa
e/ou beta.

ELETROCLEAR - Eletrobrás Termonuclear S.A.
Laboratório de Calibração de Monitores de Radiação
Rodovia Governador Mário Covas BR101 Km 517 s/n –
Praia de Itaorna
23948-000 - Angra dos Reis - RJ
Tel: 24-3362-8189 - Fax: 24-3362-8189
E-mail: lcmr@eletroclear.gov.br
Responsável Técnico: Willian Ferreira Cardoso
E-mail: wifilar@eletroclear.gov.br
Certificação: Calibração de instrumentos com radiação
gama e Calibração de monitores de contaminação alfa
e/ou beta.

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IPEN-CNEN/SP
Laboratório de Calibração de Instrumentos - LCI
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 - Cidade Universitária
05508-900 - São Paulo - SP
Tel: 11-3133-9661 - Fax: 11-3133-9671
E-mail: sac.calibrao@ipen.br
Responsável Técnico: Maria da Penha Albuquerque
Potenz
Certificação: Calibração de instrumentos com radiação
gama e Calibração de monitores de contaminação alfa
e/ou beta.

Observação:
Os Laboratórios acima listados estão Certificados para, também, prestar Serviços de Irradiação de Monitores Individuais com Fuentes
Radioactivas Gama. Relação constante no site www.ird.gov.br.

**6 Laboratórios de Calibração certificados
pelo CASEC.**

São os laboratórios de calibração que nos
fornecem a informação que é o “coração” da
dosimetria pessoal .

$\{m_1, m_2, \dots, m_n\} \rightarrow \text{Dose (mSv)}$

medidas

dado de entrada

SISTEMA DOSIMETRIA PESSOAL

CASEC / IRD / CNEN

Projeto Regulatório / certificação
primeiro ensaio em Hp(10) já foi realizado

Requisitos sendo finalizados

Serviços de dosimetria Individual Externa

Estão em processo de adequação.
Grande esforço visto que tudo acontece com os serviços em operação normal
Brasil ~ 180.000 usuários mês

Laboratórios de Calibração

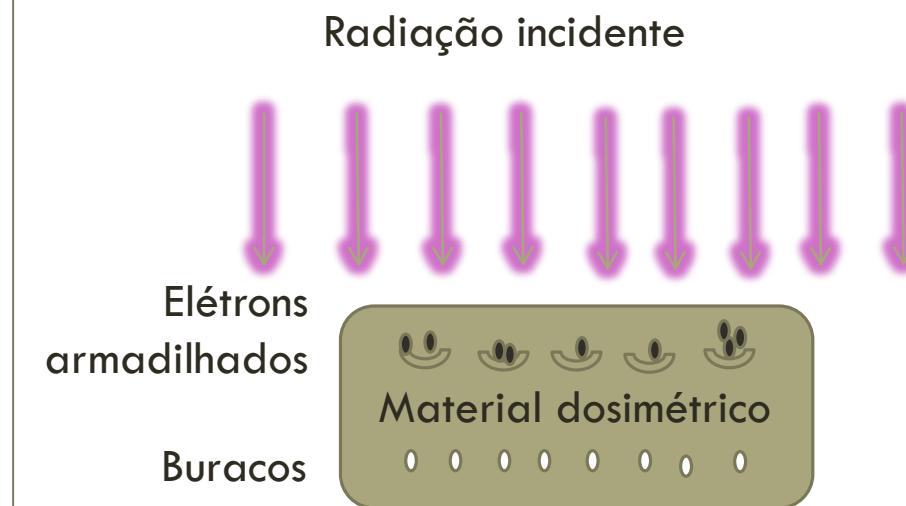
Estão adequados.
Certificação: CASEC



Forte inter-relação e dependência desses 3 agentes com objetivo de oferecer ferramentas de proteção radiológica ao usuário.

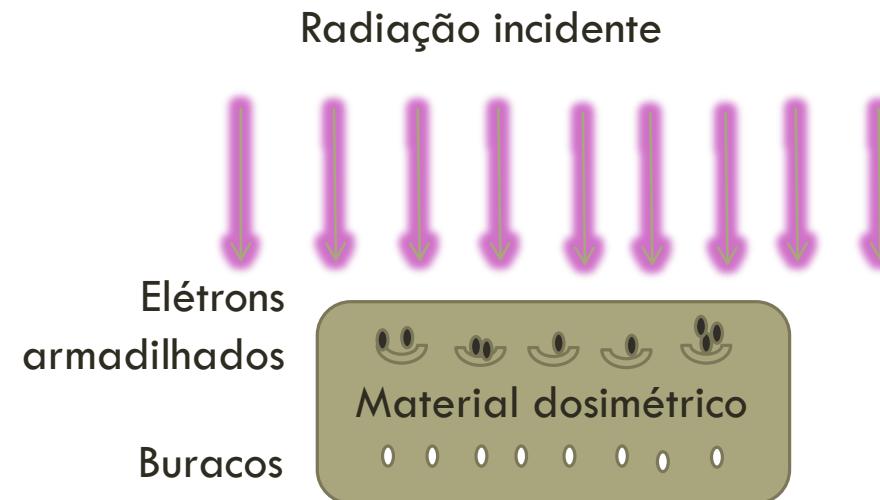
PRINCIPAL DIFERENÇA FÍSICA – FEIXE NORMAL

Livre no ar

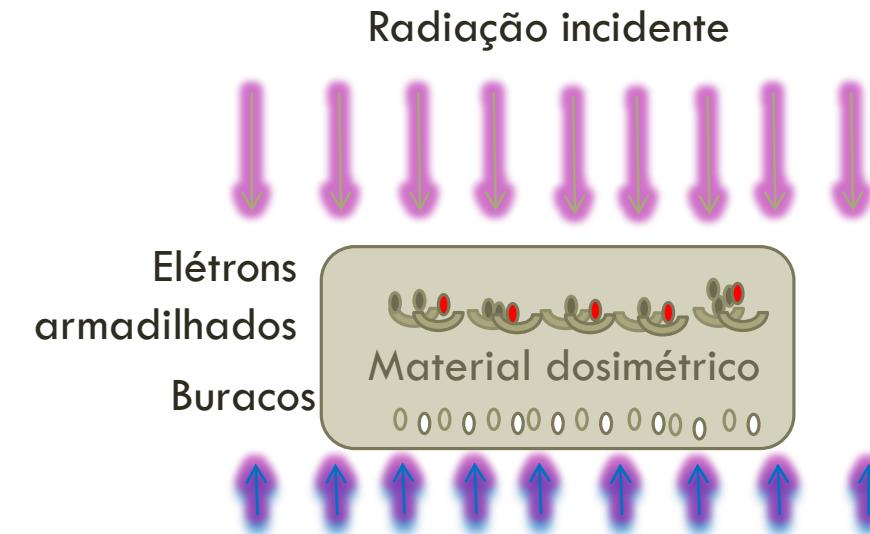


PRINCIPAL DIFERENÇA FÍSICA – FEIXE NORMAL

Livre no ar

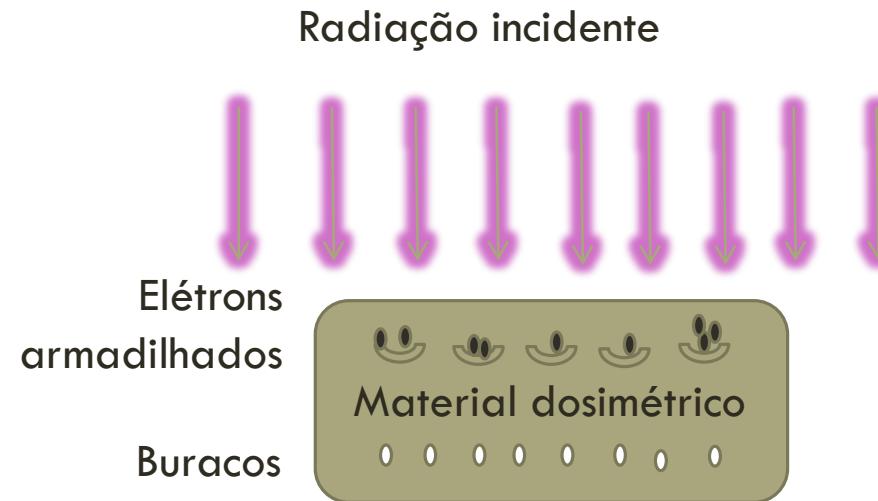


Sobre o fantoma

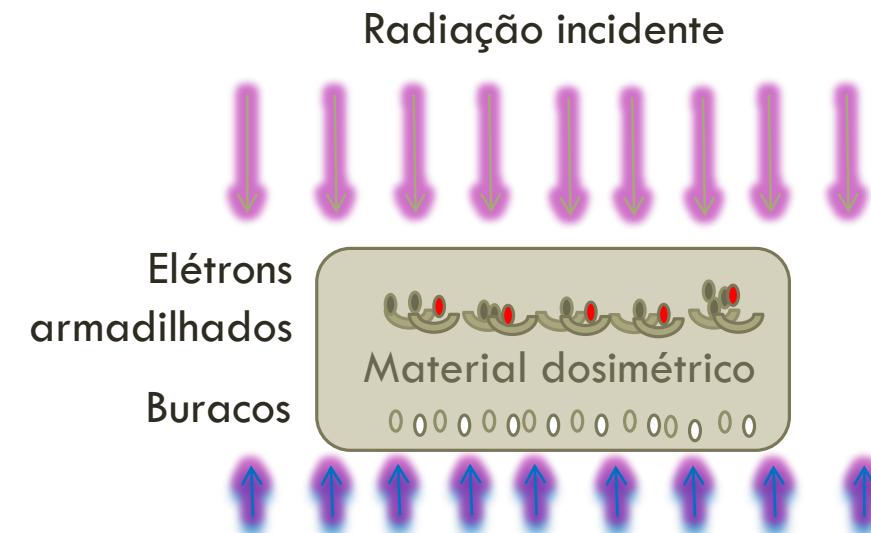


PRINCIPAL DIFERENÇA FÍSICA – FEIXE NORMAL

Livre no ar



Sobre o fantoma



Fantoma - material equivalente tecido mole ,
 Centro espalhador (energia espalhada $\sim 1/2$ incidente)
 Intensidade feixe espalhado – função energia feixe
 Deve ser maior que dosímetro (efeito borda)
 Dependência energética material dosimétrico

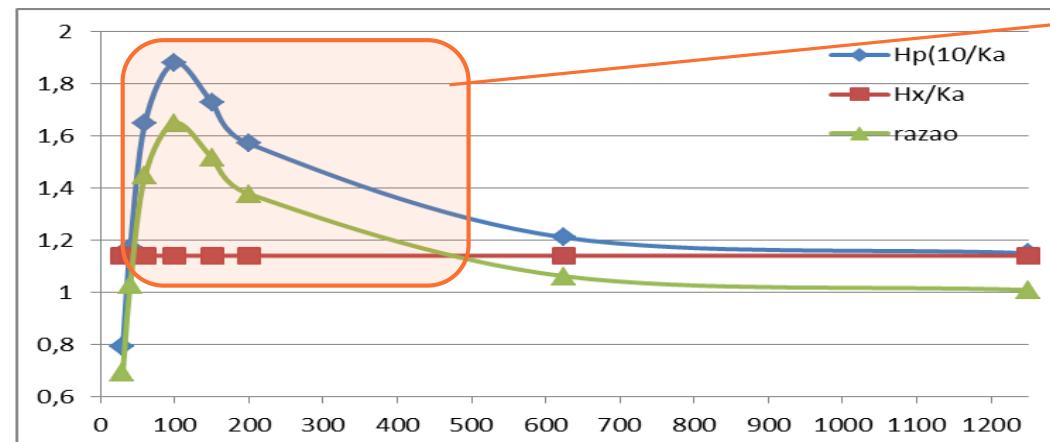
USUÁROIS COM MAIOR IMPACTO

Coeficientes de Conversão – ISO 4037-3

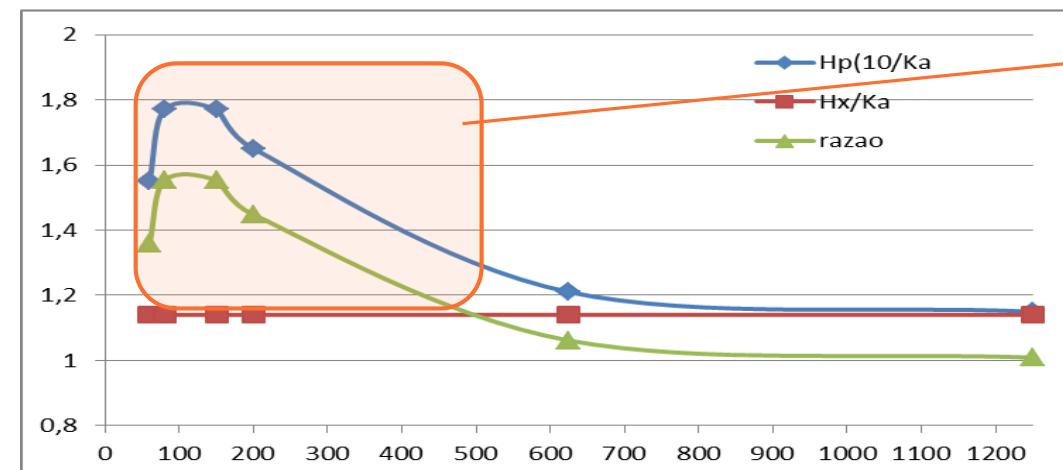
Tese mestrado Christiana Santoro - UFPe	Incidencia Normal		
	Qualidade N	Hp(10)/Ka	Hx/Ka
30	0,79	1,14	0,69
40	1,17	1,14	1,03
60	1,65	1,14	1,45
100	1,88	1,14	1,65
150	1,73	1,14	1,52
200	1,57	1,14	1,38
625	1,21	1,14	1,06
1250	1,15	1,14	1,01

Ka = kerma no ar

Tese mestrado Christiana Santoro - UFPe	Incidencia Normal		
	Qualidade W	Hp(10)/Ka	Hx/Ka
60	1,55	1,14	1,36
80	1,77	1,14	1,55
150	1,77	1,14	1,55
200	1,65	1,14	1,45
625	1,21	1,14	1,06
1250	1,15	1,14	1,01



Região de maior impacto de mudança de unidade



Região de maior impacto de mudança de unidade

QUEM SÃO OS USUÁRIOIS

Classificação de uso:

Saúde

Radiodiagnóstico

Radioterapia

Medicina Nuclear

Radioimuno

Indústria

Produção Energia

Controle qualidade

Radiografia

Ensino & pesquisa

Raios X,

elétrons,

nêutrons,

marcadores

O QUE TEMOS NO BRASIL

Estimativa ~180.000 – 200.000 usuários de dosimetria:

Tipo	% **	# Estimado de usuários	Relevância mudança unidade
Indústria	11%	22.000	baixa
Ensino & Pesquisa	2,6%	5.200	media
Saúde	77,4%	154.800	
Radioterapia	3,1%	6.200	baixa
Medicina Nuclear	6%	12.000	baixa
Radiodiagnóstico	68,3%	136.600	Maior impacto
outros	9%	18.000	

** Dados baseados na distribuição do BD da Sapra

CONCLUSÃO

Vamos ter uma dosimetria pessoal

- Fisicamente mais adequada ao individuo
- Alinhada internacionalmente com os princípios de proteção radiológica
- Rastreável internacionalmente em diversos laboratórios
- Compatível para IOE que trabalham em diferentes países

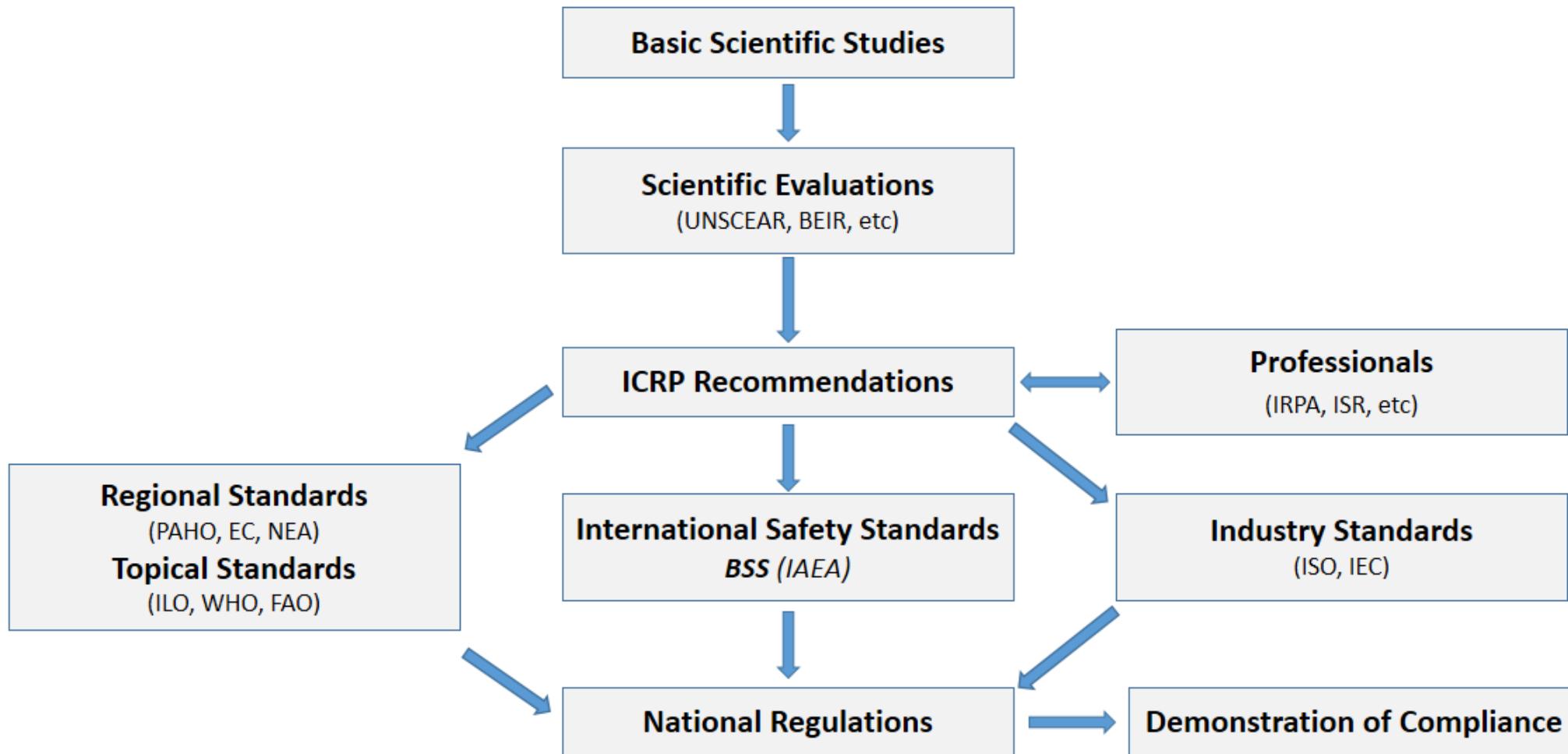
FIM

Muito obrigada pela atenção!

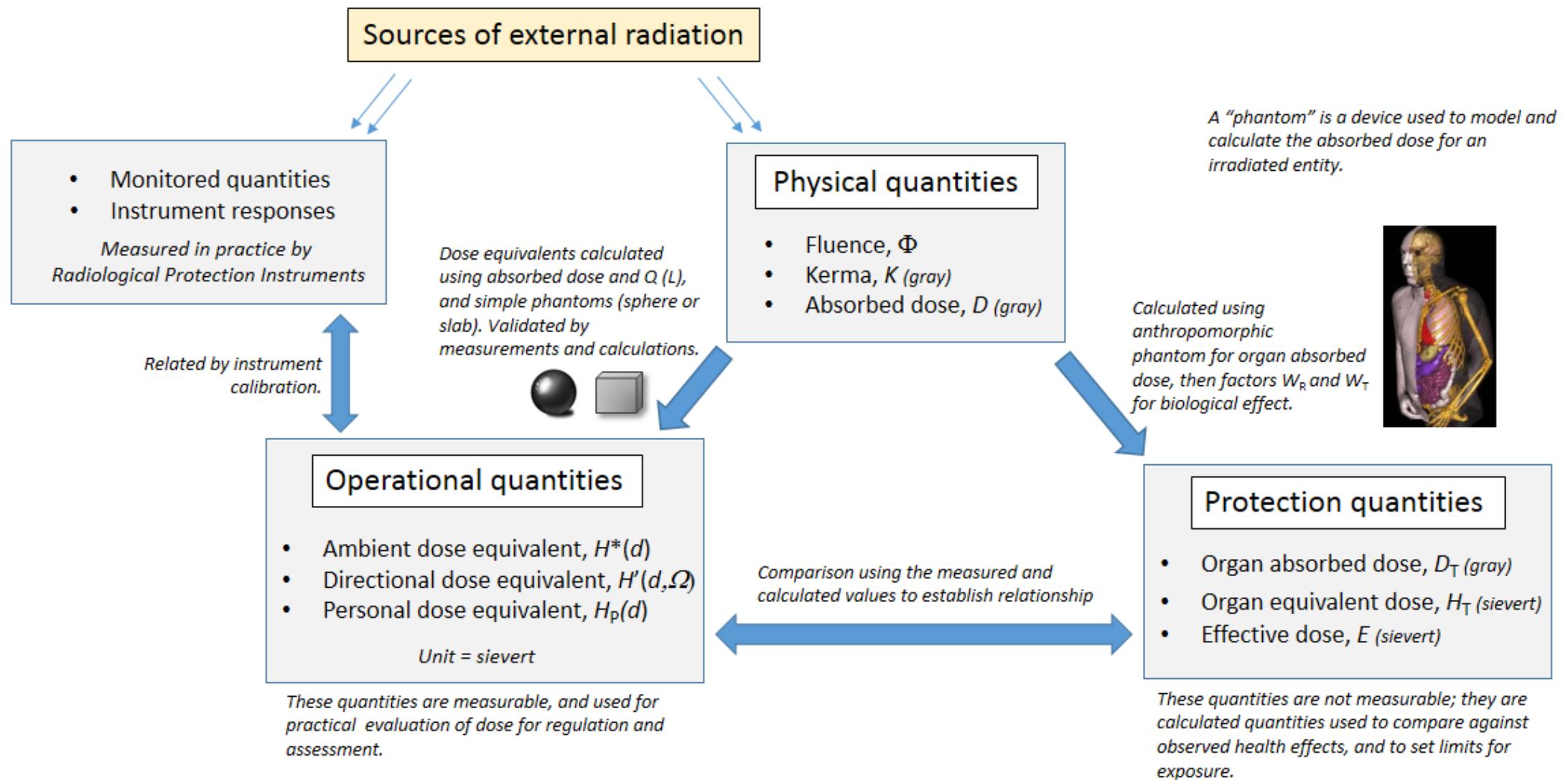
yvone@sapra.com.br

0800 553 567

International Policy Relationships for Radiological Protection



Dose quantities in SI units for external radiological protection



Ionising radiation - Protection Dose quantities in SI units

Quantity	Absorbed dose D_T	W_R	Equivalent dose H_T	Effective dose E
SI unit or modifier	gray (Gy)	Radiation weighting Factor - W_R	sievert (Sv)	sievert (Sv)
Derivation	joule/kg	Dimensionless factor	joule/kg	Dimensionless factor
Meaning	Energy absorbed by irradiated sample of matter - a physical quantity.		Biological effect of radiation type R with weighting factor W_R . Multiple radiation types require calculation for each, which are then summated.	Biological effect on tissue type T having weighting factor W_T Partial irradiation Effective dose = summation of organ doses to those parts irradiated Complete (uniform) irradiation If whole body irradiated uniformly, the weightings W_T summate to 1. Therefore, Effective dose = Whole body Equivalent dose