Introdução à Medicina Nuclear

Prof. Eder Rezende Moraes
Departamento de Física
FFCLRP-USP

- **Introdução à Medicina Nuclear**
- **Código:** 5910136 **Departamento:** Física
- **Responsável:** Eder Rezende Moraes
- **Modalidade:** Bacharelado **Natureza:** Obrigatória
- **Regime de oferecimento:** semestral **Semestre:** 8o semestre
- **Créditos:** 4
  Carga Horária: 60 h
- **Período: 06/**08/2014 a 03/11/2014
- **Objetivos**
- Disciplina que tem por objetivo oferecer aos alunos conceitos físicos associados à medicina nuclear.
- **Conteúdo:**
- Noções de física nuclear, reações nucleares: radioatividade e transições radioativas, · produção de radio-fármacos, estatística das medidas nucleares, detectores cintilográficos e gama-câmara, formação de imagens em medicina nuclear, noções de proteção radiológica em medicina nuclear. Aplicações clínicas: estudos estáticos e cinéticos, Introdução à Dosimetria interna.
- **Critérios de avaliação:** três avaliações, sendo uma constituída de elaboração de monografia e apresentação pelos alunos, sendo a primeira avaliação de peso 2.
- **Bibliografia**
- Cherry S.R., Sorenson J.A. e Phelps M.E., Physics in Nuclear Medicine. Saunders, Philadelphia, 2003.
- Knoll, Glenn F, Radiation, detection and measurement, New York : John Wiley, 1989
- Rhodes B., Quality Control in Nuclear Medicine. Parte 1 e 2. The C.V.Mosby Company, Londres, 1977.
- Pwosner, Rachel A. e Pwosner, Edward R., Essentials of Nuclear Medicine Physics, Malden, Massachusetts: Blackwell,1998.
- Thrall, James H. e Ziessman, Harvey A., Medicina Nuclear, segunda edição, Guanabra Koogan, Rio de Janeiro, 2001. Traduzido por Maria Expósito Penas. (livro clínico)
- **Horários da Disciplina: _____** Quarta-feira 19:00h - 20:40 h -- 20:50 h - 22:30 h
- **Datas de avaliação: _____** P1 - 16 de Setembro.
- P2 - 02 de Dezembro.
- A1 – 26 de novembro.
- **Cálculo da Média: _____** Mf1=(2*P1+2*P2+A1)/5
- Se 3,0 <=Mf1<5,0 o aluno poderá fazer prova de recuperação R, nesse caso a média final será calculada da seguinte forma:
- Mf=(Mf1+R)/2 .
- **Critério de aprovação: _____** Se Mf1 ou Mf >= 5,0 e presença >=70 %.
- Se Mf1 e Mf< 5,0 ou a presença < 70% o aluno é reprovado.

- **Horários da Disciplina: _____** Quarta-feira 19:00h - 20:40 h -- 20:50 h - 22:30 h

- **Datas de avaliação: ___** P1 - 16 de Setembro.
- P2 - 02 de Dezembro.
- A1 – 26 de novembro.

- **Cálculo da Média: _** Mf1=(2*P1+2*P2+A1)/5
-
- Se 3,0 <=Mf1<5,0 o aluno poderá fazer prova de recuperação R, nesse caso a média final será calculada da seguinte forma:
- Mf=(Mf1+R)/2 .

- **Critério de aprovação: _____** Se Mf1 ou Mf >= 5,0 e presença >=70 %.
- Se Mf1 e Mf< 5,0 ou a presença < 70% o aluno é reprovado.

Tópicos a serem abordados

- O que é Medicina Nuclear
- Histórico
- Núcleos radioativos
- Tipos de emissão
- Produção de radionuclídeos (radiofármacos)
- Estatística de emissão e contagem.
- Detectores de cintilação e a gama câmara
- Formação da imagem
  - Planas
  - Tomográficas
- Noções de Proteção radiológica em medicina nuclear
- Noções de Dosimetria em Medicina Nuclear

O que é Medicina Nuclear?

- Utiliza-se materiais radioativos não selados

injetáveis ou ingeríveis com fins

Terapêuticos

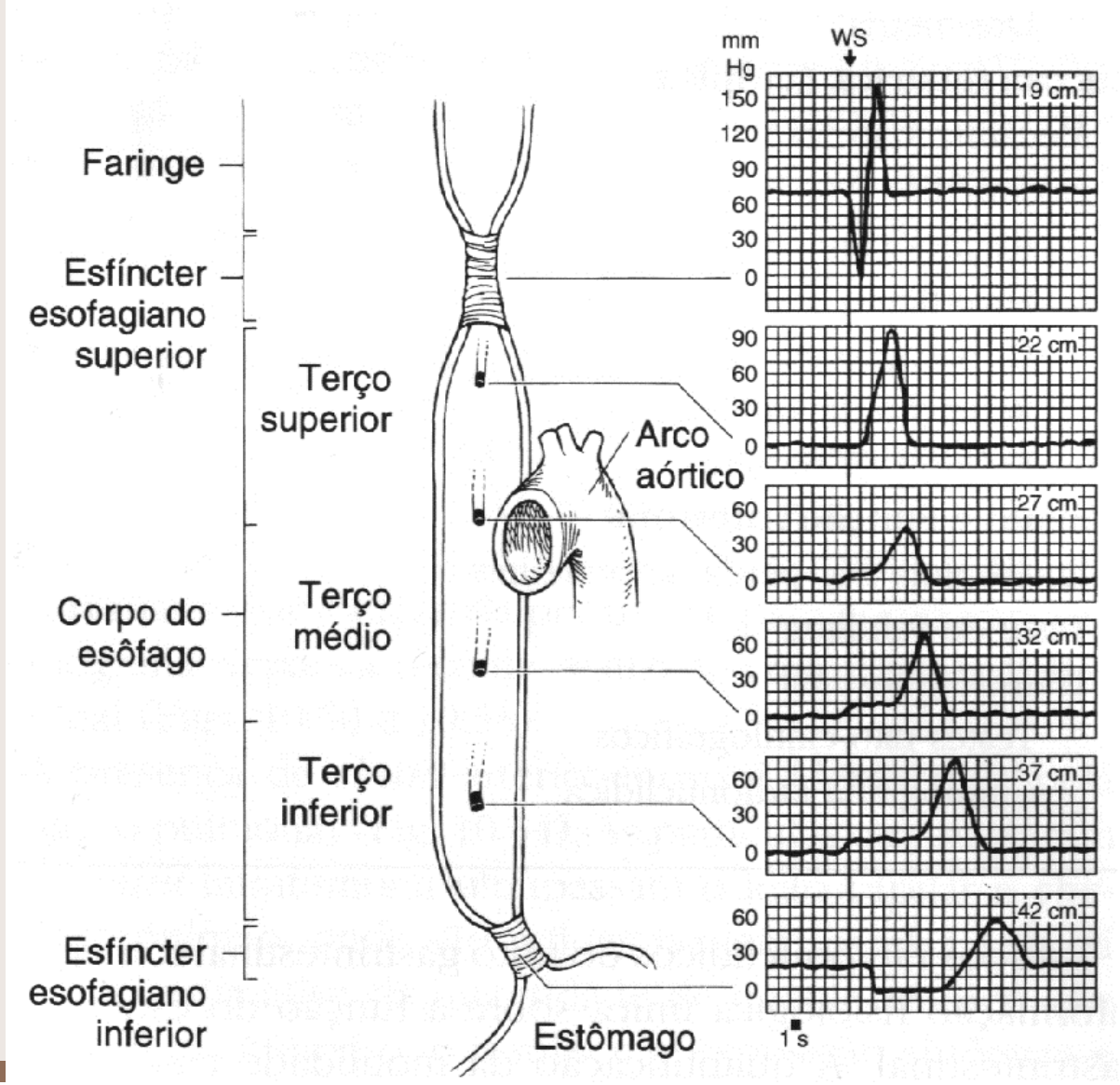
e/ou diagnósticos:

PET e SPECT

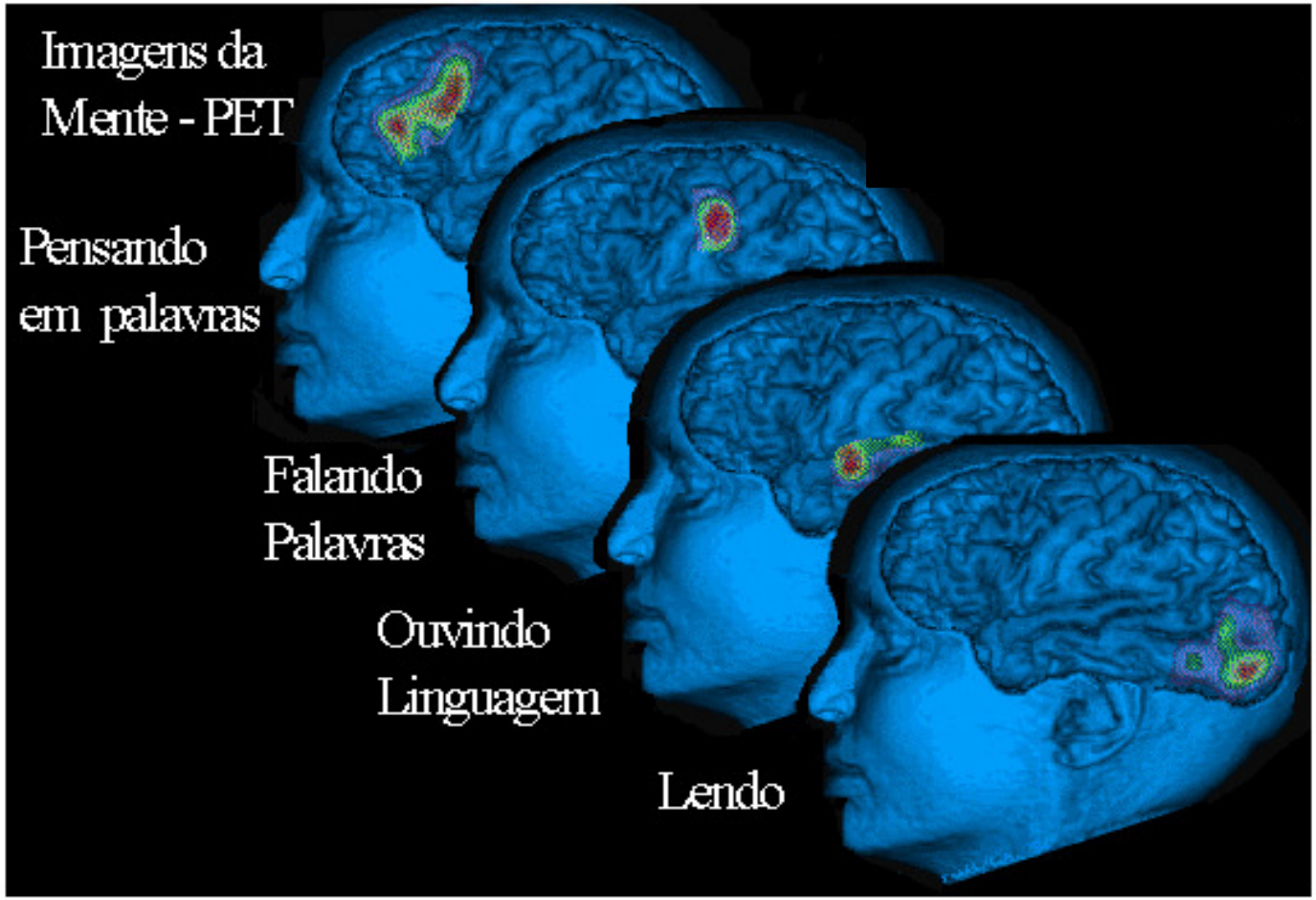
Como são feitos os diagnósticos?

- Pela emissão de radiação:
  - Contagem (em geral versus tempo)
  - Imageamento (visualização das áreas radioativas)

Como são feitos os diagnósticos? Contagem (em geral versus tempo)



Como são feitos os diagnósticos? Imageamento (visualização das áreas radioativas).



Cronologia da Medicina Nuclear

- **1895** Wilhelm Roentgen descobre os raios x.
- **1896** Henri Becquerel (1852-1908) descobre a radioatividade.
- **1898** Pierre Curie (1859-1906) e sua esposa Marie Curie (1867-1934) descobrem o Polônio.
- **1902** Rutherford e Soddy descobrem a existência de 3 tipos de radiação natural (alfa, beta e gama)
- **1903** Becquerel, Pierre e Marie Curie recebem o Nobel de física.
- **1903** Rutherford identifica a partícula alfa
- **1913** Georg Hevesy desenvolve o princípio do traçador radioativo
- **1919** O Físico Inglês Rutherford (1871-1937) descobre o próton
- **1923** Estudo da absorção e movimentação de nitrato de chumbo radioativo em plantas.
- **1927** Blumgart e Weiss Injetam solução aquosa de radônio e medem o tempo de trânsito sanguíneo de um braço ao outro
- **1930s** Ernest Lawrence desenvolvem o Cyclotron
- **1932** Chadwick descobre o neutron.
- **1937** John Lawrence trata um paciente com leucemia.
- **1940s** Desenvolvimento da bomba nuclear e do reator de fissão (Projeto Manhattan).

Cronologia da Medicina Nuclear

- **1951** Desenvolvem o Escaner retilinear
- **1951** Wrenn descreve o uso de emissores de pósitron e destaca suas vantagens na formação **de imagens.**
- **1958 Haul Anger desenvolve a Câmera Anger**
- **1960s Melhoramentos nos sistema de imagens reduzem o tempo de imageamento. Surgem os departamentos de radioisotopos em hospitais.**
- **1964 Paul Harper e Col. revolucionou a MN com o uso do ^{99m}Tc**
- **1970s Agregando computadores surgem as imagens tri-dimensionais:**
  - **1975 PET (Phelps)**
  - **1976 SPECT (Kuhl)**
- **1998 – Aprovação do FDG pelo FDA - Food and Drug Administration's**
- **2000s Equipamentos multimodais (PET-CT/SPECT-CT)**
- **2011 PET-MRI.**

Medicina Nuclear no Brasil

- Fevereiro de 2006 foi aprovada uma MP dando permissão para a iniciativa privada produzir radioisótopos de meia-vida curta.
- Antes só órgãos do governo federal podiam produzir radioisótopos/radiofármacos.
- Esta flexibilização associada ao FDG e sistemas híbridos tem agitado o mercado brasileiro.

Produção FDG Brasil: passado e presente

- Produção pública
  - IPEN – São Paulo (2 ciclotrons desde 2008)
  - IEN – Rio de Janeiro –
  - CDTN – Belo Horizonte
  - CNEN – Nordeste
- Produção privada
  - Siemens
    - Lançou em abril de 2007 a PETNET
    - Rede de distribuição de FDG
    - Produção:
      - Campinas
      - Brasília
      - Rio de Janeiro e
      - Salvador.

Tomógrafos e Cíclotrons no Brasil : passado e presente

(04/2011)

Tomógrafos

Em 2005

- Incor – São Paulo
  - Câmara de coincidência (PET/SPECT)
- HC – USP – São Paulo
  - PET

Em 04/2011

- + Hospital Sírio Libanês – São Paulo
  - PET/CT
- + Hospital Samaritano - Rio de Janeiro
  - PET/CT
- + Hospital Pró-cardíaco – Rio de Janeiro
- + PET/CT HC-USP-SP
- + DIMEN e IDI Ribeirão Preto e + Outros 40

Cíclotrons

Em 2005

- IPEN – São Paulo
- IRD – Rio de Janeiro
-

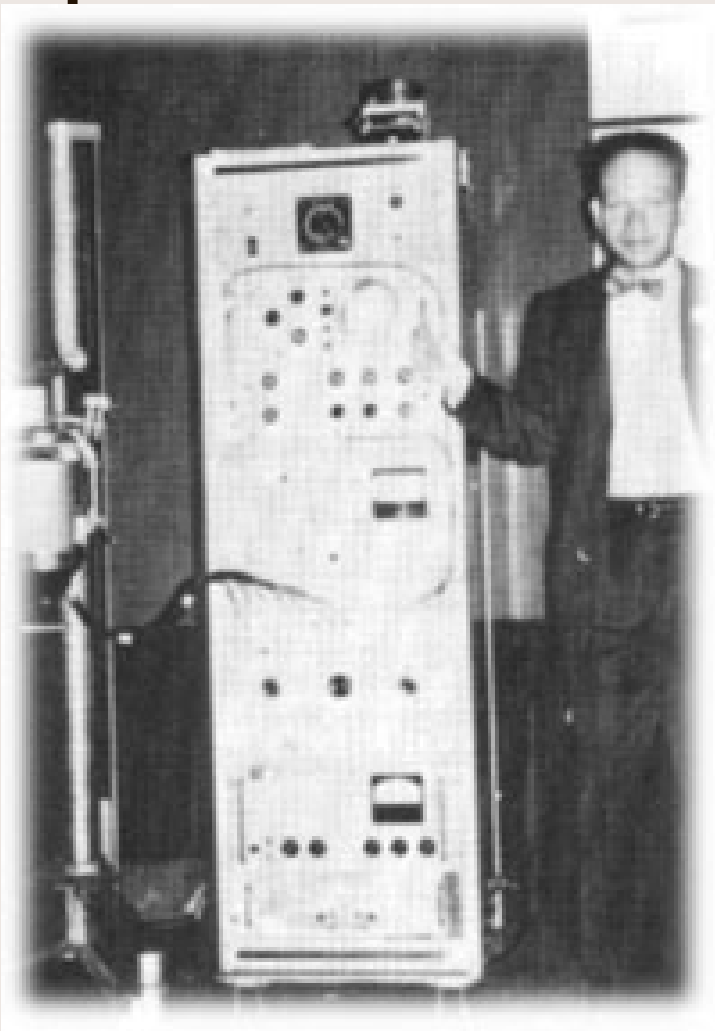
Em 04/2011

- 13 Ciclotrons
  - 5 CNEN
  - 8 privados

(Entre pedidos e já em funcionamento)

Primeiros Equipamentos

Escaner retilinear

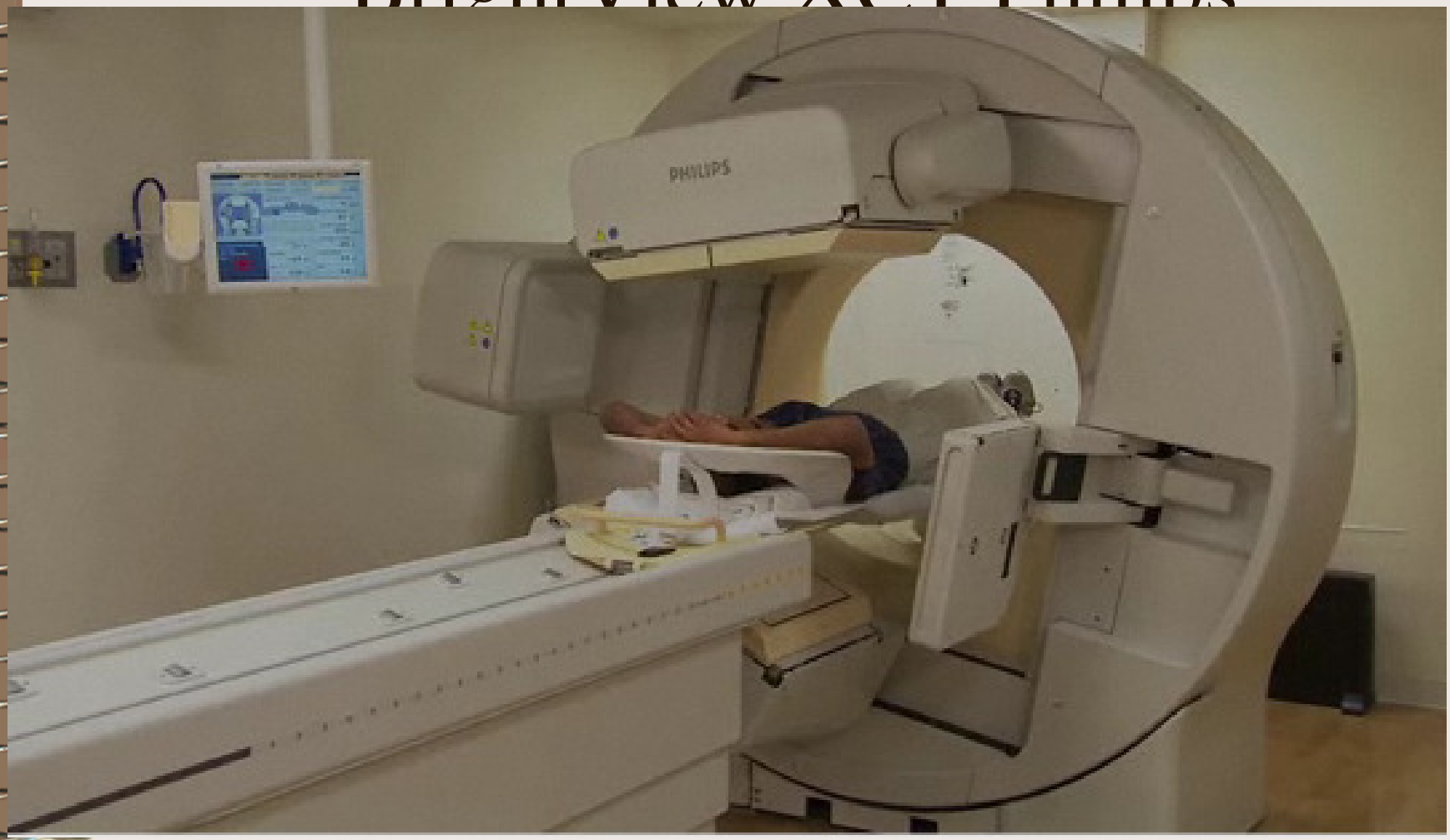


Câmera Anger

(gama –câmara)

Equipamentos Atuais
GC-SPECT

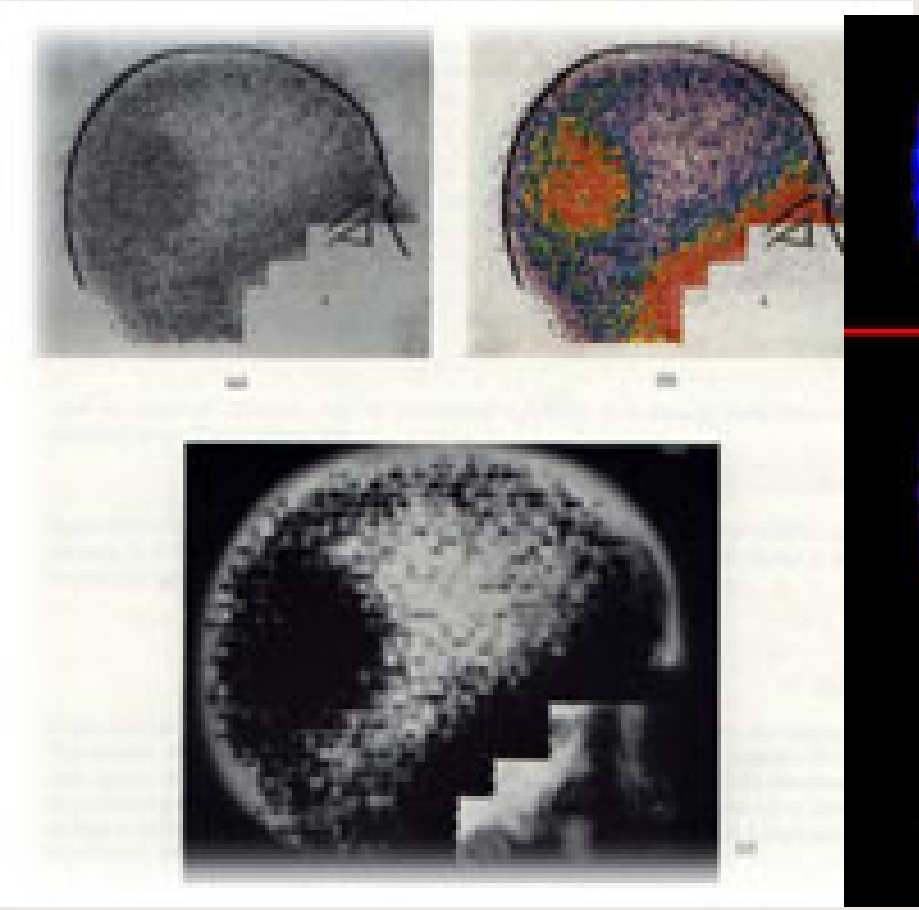
Atualmente
SPECT-CT
BrightView XCT Philips

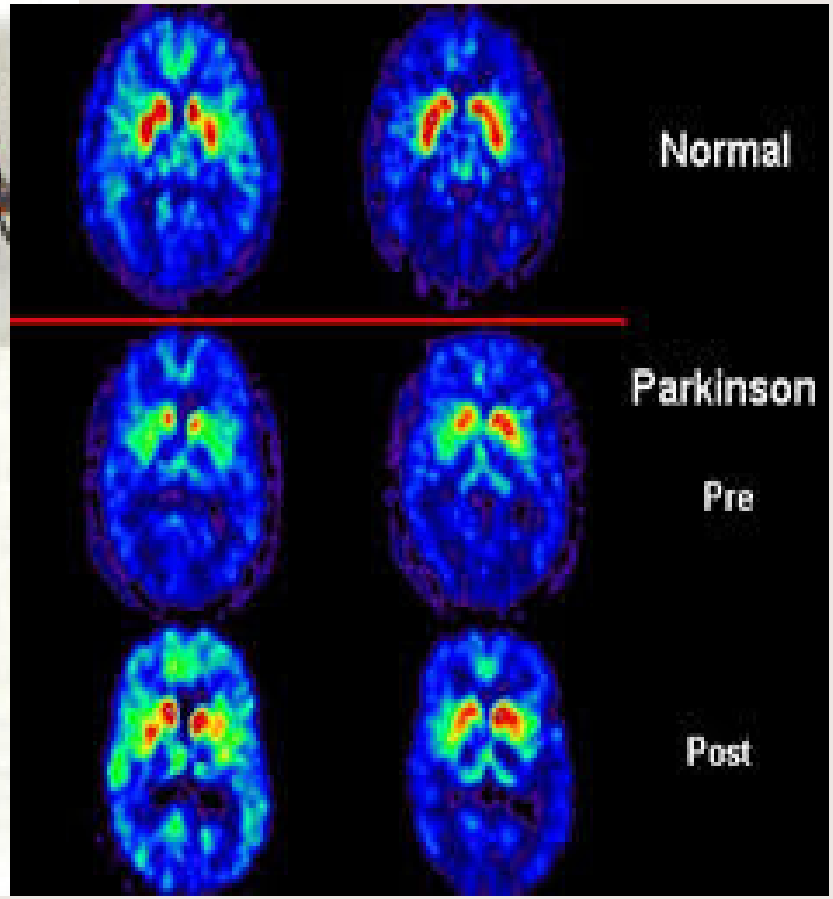


Fonte /www.healthcare.philips.com

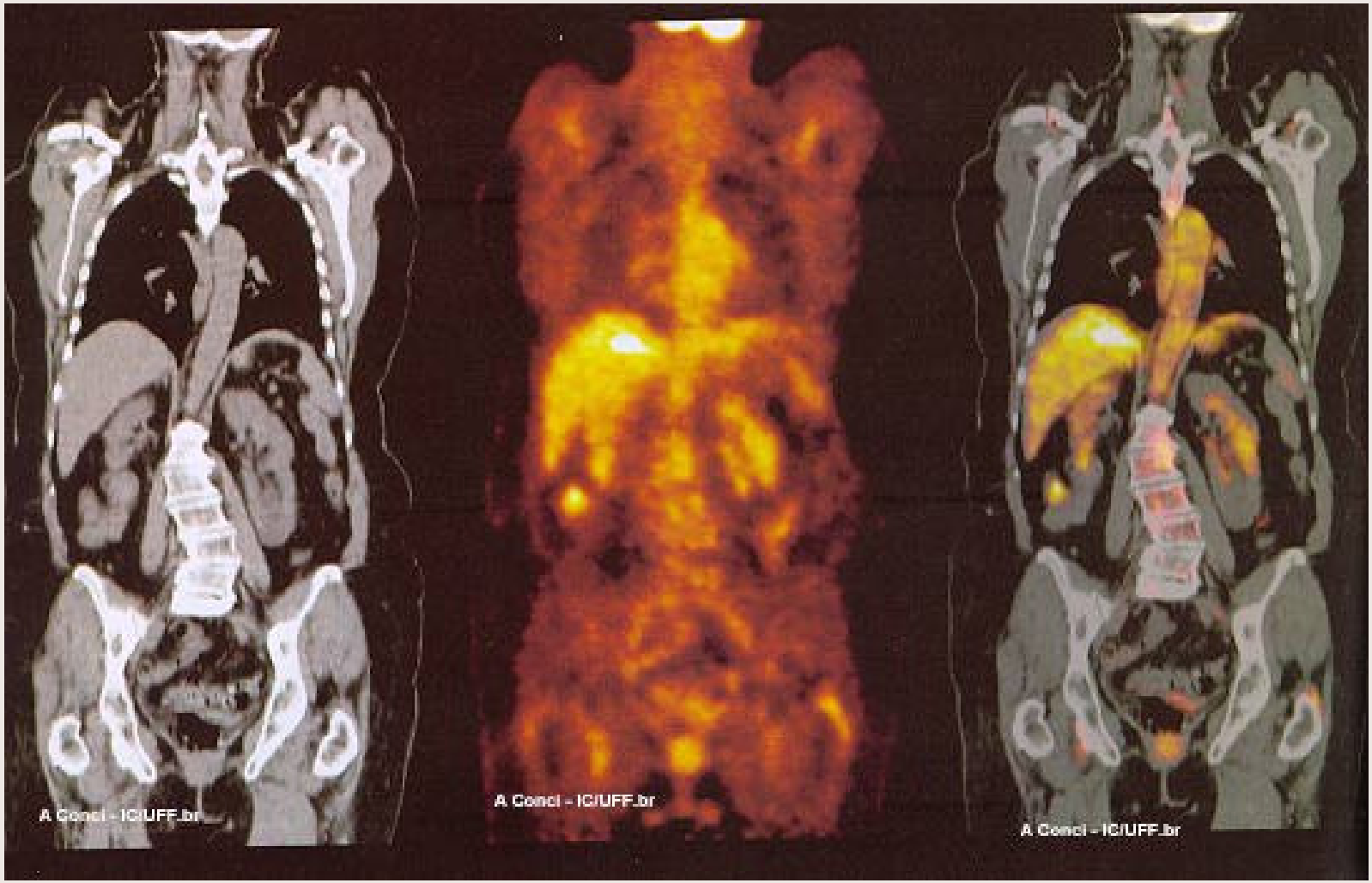
Equipamentos Atuais
PET-CT

Imagens
Primórdios x Atuais





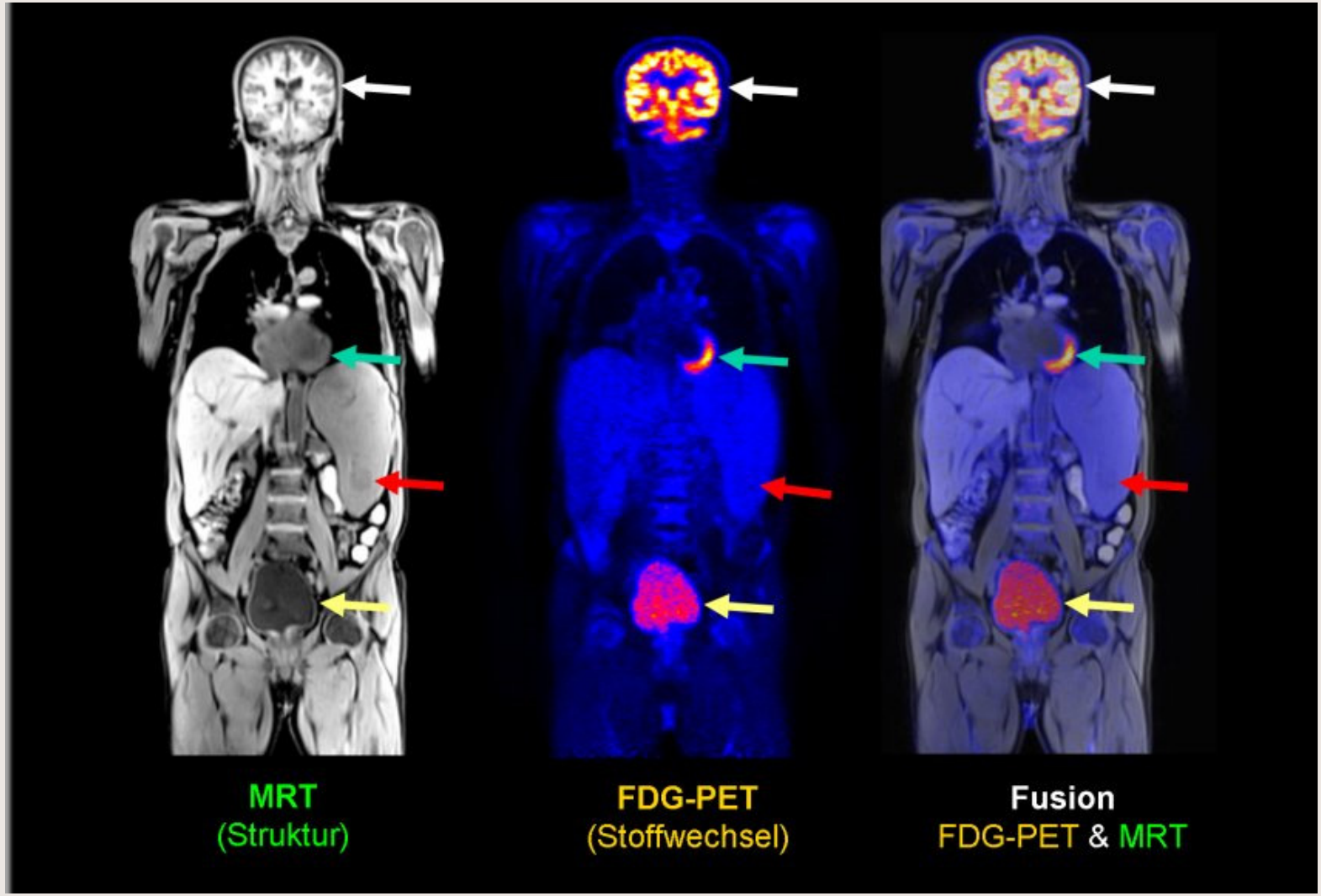
Imagens de PET-CT



PET-MRI
Philips

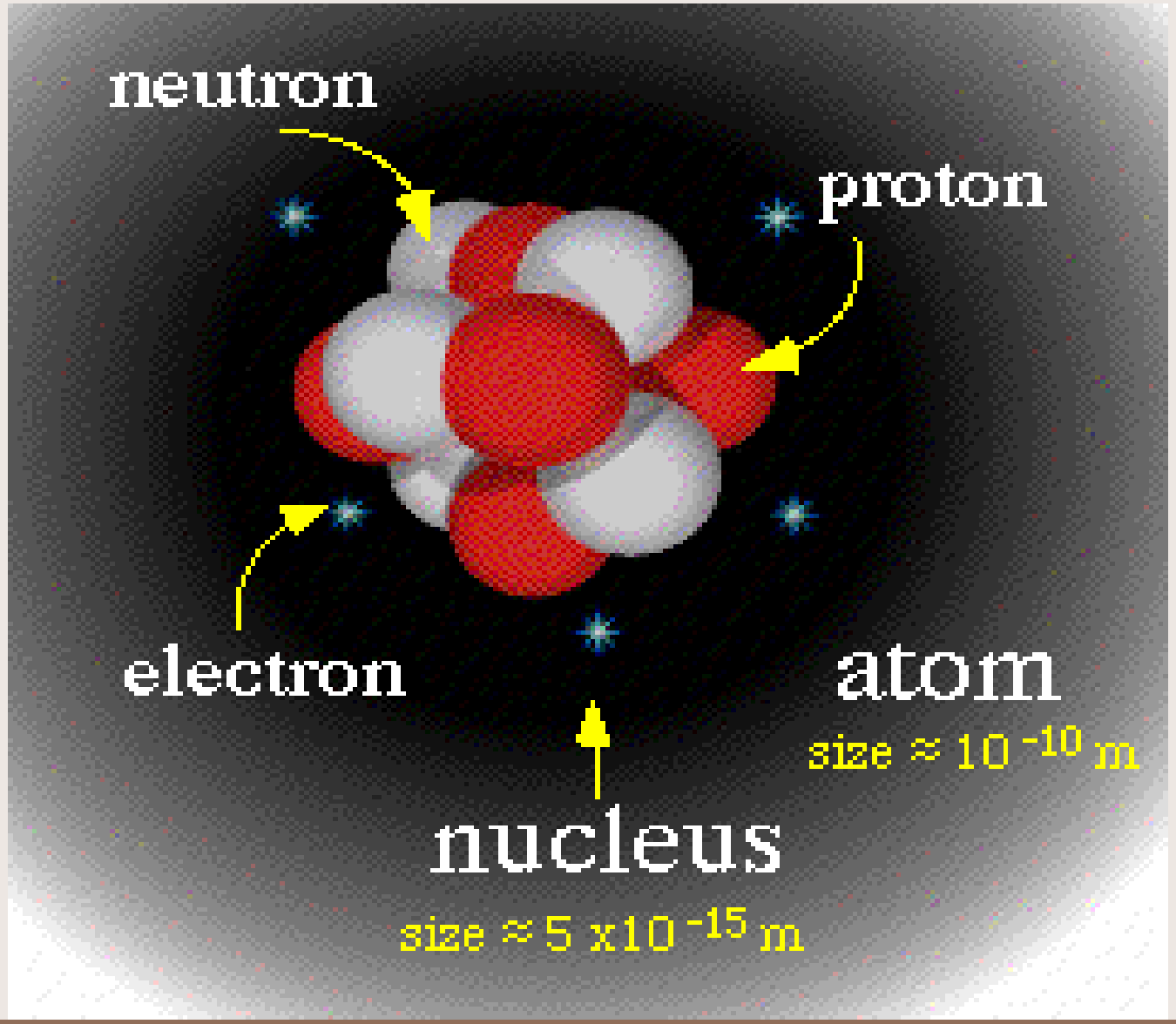
Siemens Biograph MMR

Imagem PET-MRI



Introdução ao Núcleo Atômico

Núcleo atômico



Núcleos Atômicos (Nuclídeo)

- Constituídos de **Núcleons.**
  - Prótons e nêutrons
    - Mantidos no Núcleo pela força nuclear forte ou força hadrônica.

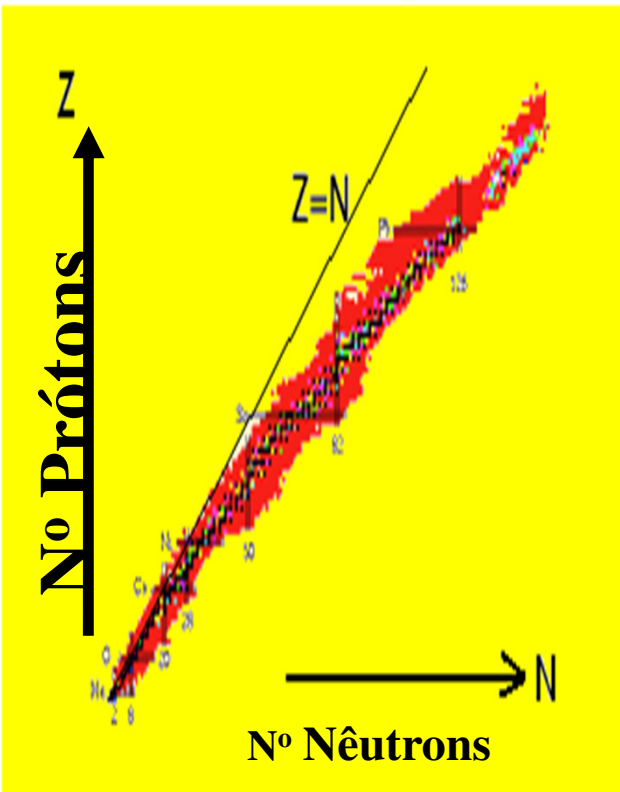
- Força Hadrônica
  - Não distingue próton e nêutron.
  - Alcance curto (~0 N p/ dist > ~ fm =10^{-15}m).

Núcleons

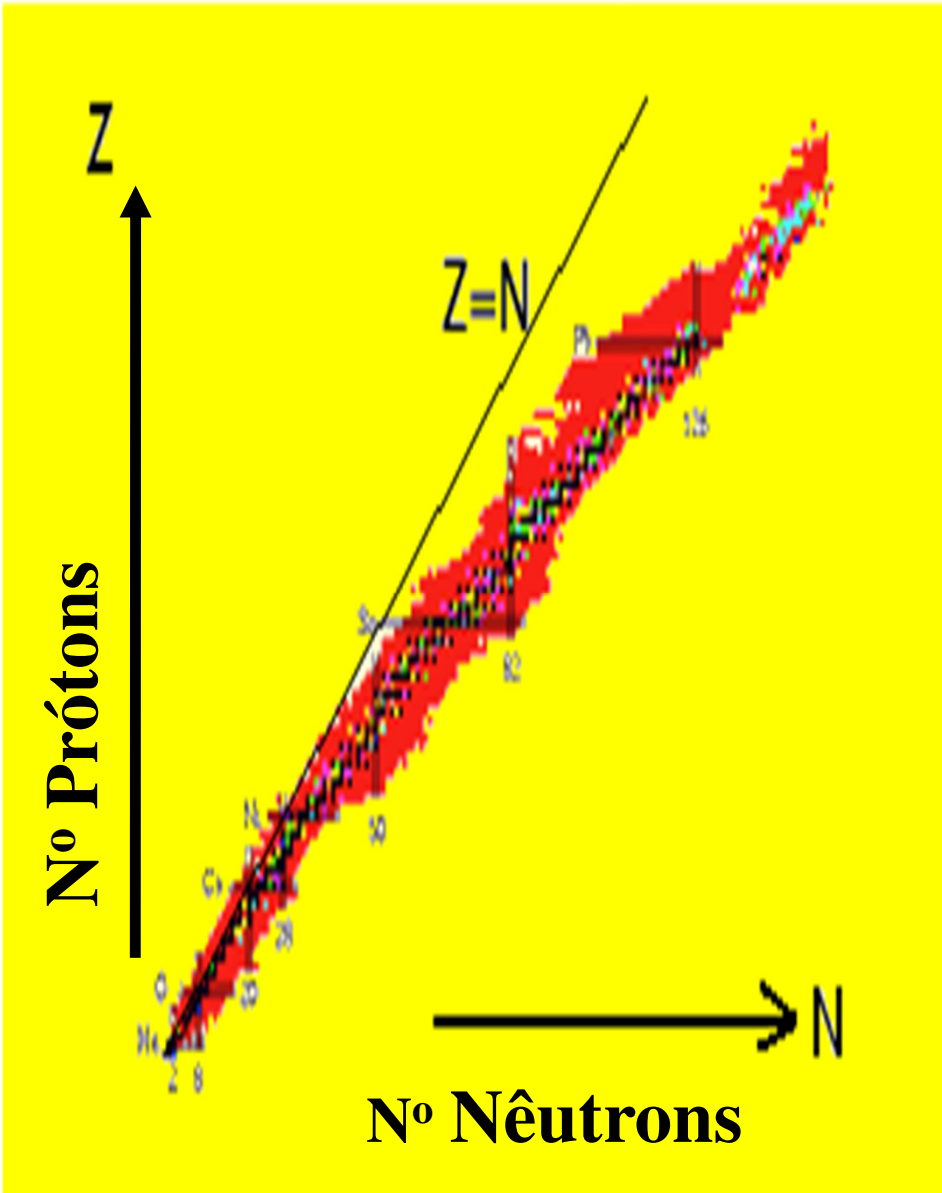
- Dispostos em níveis energéticos nucleares
  - Semelhante aos elétrons no átomo
- Os níveis são devido ao poço de potencial da força forte e a uma pequena contribuição da repulsão entre os prótons.

E a força de repulsão entre os prótons?

É compensada por um aumento do número de nêutrons.



Z e N em Núcleos Estáveis

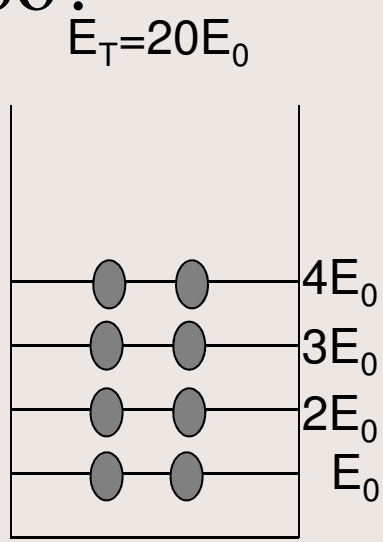


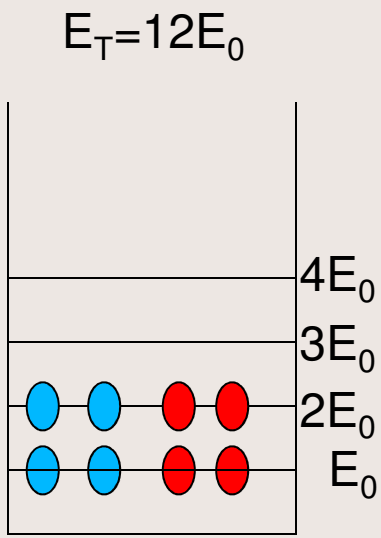
Os prótons e neutrons são ou não indistiguíveis?

- São com relação a força nuclear mas não em relação à disposição nos níveis nucleares.

Quem é mais favorável energéticamente?

- Considerando níveis (fermiônicos) igualmente espaçados de energia E_0 Um núcleo com 8 núcleons idênticos ou 4 de cada tipo?





Isto reflete a tendência dos núcleos leves estáveis terem igual número de prótons e Nêutrons

Onde é observado macroscópicamente a diferença de arranjo energético?

- Na massa dos átomos

- A massa de um átomo é menor do que a soma das massas de seus constituintes.

De onde vem a diferença de massa? (defeito de massa)

- Da conversão de massa em energia de ligação

$$E=mc^2$$

Unidade de massa unificada

- As massas nucleares e dos átomos são dadas em termos da
  - Unidade de massa unificada (u):
    - 1/12 da massa do C^{12} neutro
    - 1u= 1,660 540 x10^{-27} kg .
- Lembre que 1 mol de C^{12} neutro tem 6,02214199x10^{23} átomos e 12 g, enquanto a massa de um átomo de C^{12} é 1 u.

Energia de Repouso por Unidade de Massa Unificada

- A energia de repouso da “u”
  - $E_u = uc^2 = 1{,}660\ 53873 \times 10^{-27} kg * (2{,}997\ 924\ 58 \times 10^8 m/s)^2$
  - $E_u = 1{,}492\ 417 \times 10^{-10}$ J ou 931,5 MeV

Algumas massas de repouso importantes

- Massa do elétron

  $5{,}485\ 799 \times 10^{-4}$ u

- Massa do próton

  1,007 276 47 u

- Massa do nêutron

  1,007 825 035 u

Como calcular a energia de ligação (E_c) do átomo estável?

- É a diferença entre a energia de repouso do átomo e dos seus constituintes (prótons, nêutrons e elétrons)
  - Ex: Seja um átomo com Z=5 e N=5 (B)
- $E_c=[Z*m_p+N*m_n+Z*m_e-(m_B)]*c^2$

sendo:

m_p- massa de repouso do próton
m_n- massa de repouso do neutrón
m_p- massa de repouso do elétron.
m_B- massa de repouso do isótopo

- A energia de ligação dos elétrons em geral pode ser desprezada.

Onde obter a massa dos diferentes nuclídeos?

- Em tabela de nuclídeos

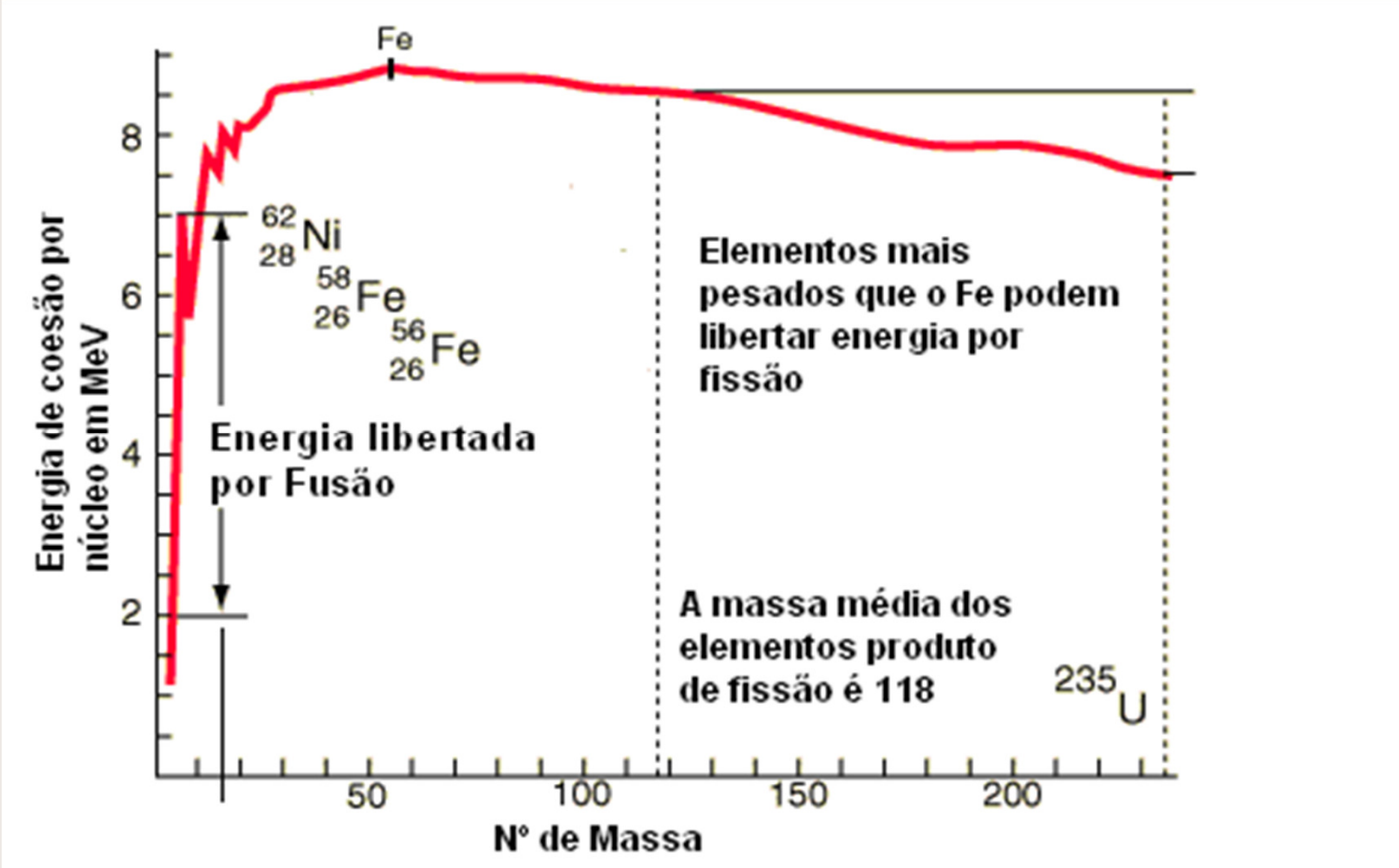
	Z	A	Atomic mass (u)	Ip	Abundance or Half-life
H	1	1	1.007825		99.985%
		2	2.014102	1~	0.015%
		3	3.016049		
					123y(b-)
He	2	3	3.016029	$\frac{1}{2}$~	1.38x 10-4%
		4	4.002603	0~	99.99986%
Li	3	6	6.015121	1	7.5%
		7	7.016003		
		8	8.022486	2~	92.5%
					0.84s(fl")

Energia de ligação por nucleon

- É a razão da energia de ligação pelo número de nucleons.
- Representa a contribuição média de cada nucleon para a energia de ligação, ou
- A energia média necessária para retirar um nucleon do núcleo.
- Quanto maior mais estável é o núcleo.

Energia de ligação por nucleon de núcleos estáveis

- É praticamente constante para núcleos de A intermediários

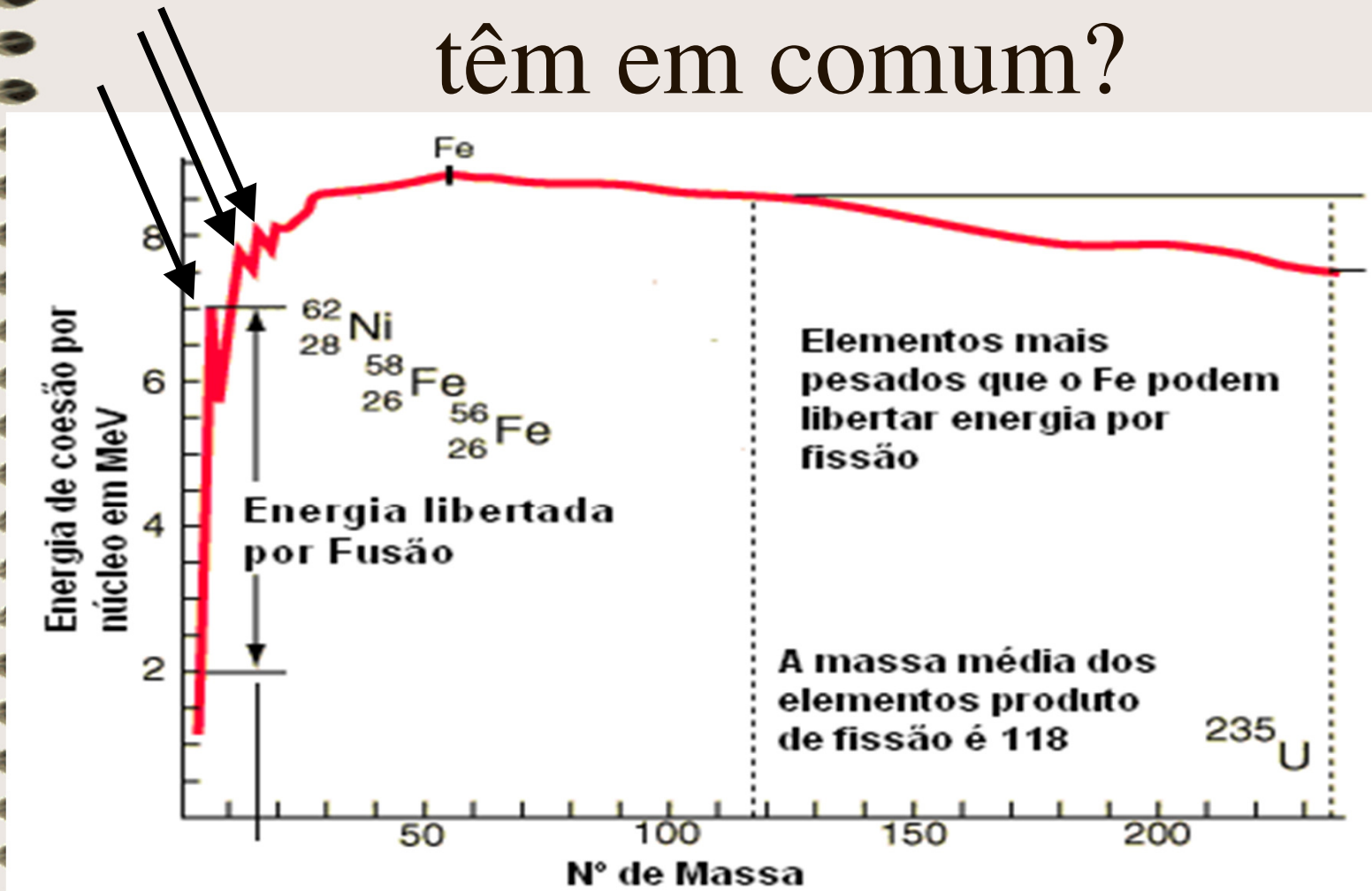


Outras tendências nucleares

- Arranjos pares de prótons ou nêutrons em núcleos estáveis:
  - 165 par-par
  - 109 ímpar–par
  - 4 ímpar-ímpar (^{2}H, ^{6}Li, ^{10}B e ^{14}N).*

* Cherry, S.R. et al Physics In Nuclear Medicine, pg. 18

O que os picos na curva abaixo têm em comum?



- Os picos são:
  - ^{4}He, ^{12}C e ^{16}O.

Exercício.

Qual é a energia de ligação por núcleon do átomo de Hidrogênio? E do Deutério? Porque tanta diferença?