

Curso de Verão 2018 – IF-USP

**INTRODUÇÃO À FÍSICA MÉDICA**

Programa básico:

- Breve Histórico sobre a Física Médica
- Efeitos biológicos da radiação e Proteção radiológica
- Diagnóstico por imagens: Radiologia e Medicina nuclear
- Radioterapia: Introdução, teleterapia e braquiterapia
- O Físico Médico: formação e campo de trabalho atual e futuro

Curso de Verão 2018 – IF-USP

1ª. Aula: 19.02.2018

**FÍSICA MÉDICA**  
Breve histórico

- O que é Física Médica
- Física aplicada à Medicina: breve histórico
- As áreas da Física Médica:
  - Física do Diagnóstico por Imagens
  - Física da Medicina Nuclear
  - Física da Radioterapia
- A Física Médica no Brasil

Ricardo Andrade Terini - [rterini@if.usp.br](mailto:rterini@if.usp.br)  
Bloco F – Conjunto Alessandro Volta – sl. 102 - GDRFM - IFUSP



**O que é Física Médica ?**

O que é a Física Médica hoje?

| "2131 : Físicos - Títulos:                                    |  | C.B.O. / MTE - Brasil  |
|---|--|--|
| 2131-05 - Físico  |  | 2131-45 - Físico (materiais)   |
| 2131-10 - Físico (acústica)                                   |  | 2131-50 - Físico (medicina): Físico hospitalar, <b>Físico médico</b> |
| 2131-15 - Físico (atômica e molecular)                        |  | 2131-55 - Físico (nuclear e reatores): Físico nuclear                |
| 2131-20 - Físico (cosmologia): Cosmólogo                      |  | 2131-60 - Físico (óptica)  |
| 2131-25 - Físico (estatística e matemática)                   |  | 2131-65 - Físico (partículas e campos)                               |
| 2131-30 - Físico (fluidos)                                    |  | 2131-70 - Físico (plasma)  |
| 2131-35 - Físico (instrumentação)                             |  | 2131-75 - Físico (térmica)   |
| 2131-40 - Físico (matéria condensada): Físico (estado sólido) |  |  |

**Física Médica:** - uma área da Física aplicada (grupo 2151-50 da CBO do MTE, Brasil); - em 2012 foi classificada internacionalmente como profissão pela **Organização Mundial do Trabalho (OIT)**, e parte integrante da força de trabalho dos profissionais da **área da Saúde**.  
INTERNATIONAL LABOR ORGANIZATION (ILO), *International Standard Classification of Occupations, ISCO-08 (2012)*.



## O que é Física Médica ?

**O Físico Médico:**

- Utiliza o instrumental (teórico e experimental) junto com a Biofísica, Medicina, Biologia, Química, Comunicação, Economia, Administração em várias áreas do saber.
- É um membro da equipe **interdisciplinar** envolvida no **diagnóstico ou tratamento** de pacientes com **radiação ionizante e não ionizante**, e que ajuda a garantir alto padrão de **segurança** de serviço em hospitais e clínicas.
- Deve trabalhar em **forma conjunta e complementar** com especialistas de várias áreas, como: **médicos, enfermeiros, bioquímicos, biólogos, engenheiros, tecnólogos e administradores.**

**Interdisciplinar Multidisciplinar**

**Mas como tudo isso começou?**

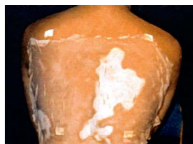



## Física aplicada à Medicina: breve história



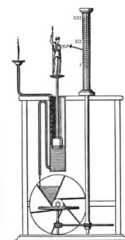
**Na Antiguidade**

Técnicas físicas foram usadas em medicina desde os tempos mais antigos... Exs.:

- Papiro Cirúrgico de Edwin Smith** (Egito, Imhotep, 3000-2500 aC): **Tratamento** de abscessos mamários por cauterização...
- Hipócrates** (Grécia clássica): 1º. método diagnóstico para o mapeamento da **distribuição da temperatura** da pele.
- Herophilus** – usou um **relógio de água (clepsidra)** para medir a pulsação cardíaca (≅ “**metrologia do tempo**”).



“Termografia” de Hipócrates

## Física aplicada à Medicina: breve história

**Idade Média - Séc. X / XI d.C.**

- Ibn al-Haytham** (Iraque, ~ 965-1039), conhecido como **Alhazen**, revolucionou a ciência e o método científico no mundo islâmico e na Europa.
- Alhazen** : fez contribuições fundamentais para a **ótica**, incluindo:
  - uma **descrição da física da visão**, e
  - a 1ª. demonstração experimental de que a **visão é produzida pelos raios de luz que ENTRAM no olho....**

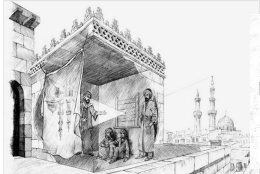


INTERNATIONAL YEAR OF LIGHT 2015




Ilumina no tabuleta per radios Solis, quibus in corde contingit lucere et illi in radiis que per diaphragma parietum in radiis appropinquantes deficiunt et rursus emergunt.

Sic in radiis Anno 1044. Lumen oculorum Solis obtinuerunt, inaurisq; delecter pueri q; dex.



## Física aplicada à Medicina: breve história

**Séculos XV a XVI**

Preocupação: **O que produzia a saúde ou a doença no corpo humano ?...**

- Leonardo da Vinci** (1452-1519) Considerado por alguns como o “**pai da Física Médica**”... Realizou estudos sobre:
  - Locomoção humana**
  - Anatomia humana**
  - Ótica e o princípio das lentes de contato**




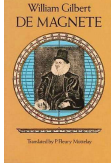






**Física aplicada à Medicina: breve história**

**Séculos XVI a XVII**

- **W. Gilbert** (1544-1603) – magnetismo e medicina
- **R. Descartes** (1596-1650): Criaturas são como **mecanismos** (*iatrofísica*).
- **Iatrofísica**: uma **antecessora** da **Física Médica**: estudava **as funções do corpo** e da **natureza da vida**. Levou ao desenvolvimento da **Biomecânica**.
- Só no século XX, a **Física Médica** passaria a abranger a **aplicação da Física no diagnóstico** e no **tratamento médico**.

G. Borelli (1608-1679): Representação do corpo como um mecanismo.

**Física aplicada à Medicina: breve história**

**Séculos XVIII e XIX**

- **L. Galvani** (1737-1798) - médico, físico, biólogo e filósofo - descoberta das correntes bioelétricas.
- **D'Arsonval** (1860-1927) / **Einthoven** (1860-1927) – galvanômetros gravadores sensíveis 1<sup>os</sup>. eletrocardiogramas.../ bioeletricidade.
- **H.L.F. Helmholtz** (1821-1894) - médico com contribuições à fisiologia, óptica, acústica, eletrodinâmica/ invenção do 1<sup>o</sup>. oftalmoscópio (1854) .












**Física aplicada à Medicina: breve história**

**Século XIX**

**Médicos começam a reconhecer a necessidade da contribuição dos físicos para auxiliar sua formação...**

- **Jean-Noel Hallé** (1754-1822): médico francês, pode ser considerado **o fundador da Física médica**. Em **1795**, tornou-se **professor de "Física médica e higiene"** na **Escola de Saúde da Faculdade de Medicina em Paris**.
- **Pierre Pelletan** (1782-1845): médico francês, publicou (1822) o **primeiro livro-texto de física para estudantes de medicina**.
- **Neil Arnott** (1788-1844): Médico escocês, foi o **1<sup>o</sup>. a usar o termo medical physics em inglês** (no livro "Elements of Physics", 1827).







**Física aplicada à Medicina: breve história**

**Século XIX**

- **UK**: Alguns físicos também começam a auxiliar na formação dos médicos:
- **M. Faraday** – desde 1835, dava aulas no **Hospital St. George**, em Londres.
- **Ali**, a **Física Básica** tornou-se um **componente curricular** das graduações em Medicina, sob responsabilidade de um **Depto. de Física** criado nas escolas de Medicina.

**1895** – o físico alemão **W.C. Röntgen** descobriria **"um novo tipo de raios"**, e tudo mudaria...

**Física aplicada à Medicina: radiações ionizantes**

**O final decisivo do Século XIX**

1895 - Descoberta dos raios X (W. Röntgen)

1901 - 1º. Prêmio Nobel de Física da história







Primeira radiografia de uma parte do corpo humano – a **mão de Berta Röntgen**, obtida em novembro de 1895.

Equipamento radiográfico utilizado nos primeiros anos após a descoberta dos raios X.

Publicação em 28/12/1895

13

**Raios X: aplicação imediata na Medicina...**

Fluoroscopia e radiografia de mãos, com tubos de Crookes, 1896.

William J. Morton and Edwin W. Hamner (1896)

NYT, 4 fev 1896

**POWER OF ROENTGEN RAYS**  
Some Effects of the Discovery Studied by French Observers.  
PRINCIPLE INVOLVED IN EXPERIMENTS  
Impression of the Human Hand with Anatomical Details Secured by Voller—Little of Nature of the Rays Revealed.  
The following article, taken in part from the French Journal l'Illustration, describes the effects of the Roentgen rays as seen by French observers, and also gives an impression of a hand prepared by Voller and wholly trustworthy in detail:  
Among the experiments made, that of the interposition of the hand seems to be one of the most fruitful. When the experimenter beheld the picture, or rather the shadow of the skeleton, appear upon the plate he found himself in the same position with Daguerre or Niepce when these sought to "fix" the picture in the park-room—that is to photograph it.  
It was only a step then to ascertain whether the ordinary photographic plates were sensitive to the new rays. This sensitive has been found to exist.

14

**Raios X: impacto da descoberta**

1896: cerca já de **49 livros e panfletos** e **1.000 artigos** foram publicados sobre o assunto, além de...

**WONDERFUL NEW RAY SEES THROUGH HAND!**

**X-Ray Studio...**

110 East Twenty-Sixth Street, ...New York City.

**THE AMERICAN X-RAY JOURNAL**

15

**Física aplicada à Medicina: radiações ionizantes**

**Final do Século XIX:**

1896 - Descoberta das radiações nucleares (H. Becquerel) – **Radioatividade**.

- emitidas continuamente de alguns elementos

1898 – Descoberta dos elementos radioativos Polônio e Rádio (Maria e Pierre Curie)

1903 - 3º. Prêmio Nobel de Física da história





1896

16

### Física aplicada à Medicina: radiações ionizantes

GRUPO DE QUÍMICA DAS RADIAÇÕES E FÍSICA MÉDICA  
 IQSP - Instituto de Física da USP

- **1900**: já se sabia que as substâncias radioativas podem emitir 3 tipos de radiação: **alfa** (+), **beta** (-) e **gama**.
- A **radiação gama** é a mais penetrante e a **alfa** é a menos penetrante.
- Tais propriedades permitiriam a aplicação dessas radiações no **diagnóstico** (em **MN**) e na **terapia médica** (em **RT** e **MN**), bem como na **Proteção Radiológica**.

17

### Física aplicada à Medicina: breve história

GRUPO DE QUÍMICA DAS RADIAÇÕES E FÍSICA MÉDICA  
 IQSP - Instituto de Física da USP

#### Século XX

- **“Becquerel burning”... (1901)**

18

### Física aplicada à Medicina: breve história

GRUPO DE QUÍMICA DAS RADIAÇÕES E FÍSICA MÉDICA  
 IQSP - Instituto de Física da USP

#### Século XX

- A origem da **Radioterapia (RT)**, da **Medicina Nuclear (MN)** e do **Radiodiagnóstico (RD)** reside, claramente, nas descobertas dos **raios X (Roentgen)** e da **radioatividade (Becquerel, Curies)**.
- **1915**: já alguns físicos começariam a trabalhar em hospitais em Boston, Londres e Nova York, em RT.
- **Década de 1950**: médicos já atuavam junto com físicos em inúmeras instituições.
- **Anos 60/70**: primeiras **legislações profissionais** em Física Médica.

19

### Áreas atuais da Física Médica

GRUPO DE QUÍMICA DAS RADIAÇÕES E FÍSICA MÉDICA  
 IQSP - Instituto de Física da USP

- **F. do Diagnóstico por Imagens**
- **F. da Radioterapia**
- **F. da Medicina Nuclear**
- ...Além da **Proteção Radiológica** no uso das radiações



**RADIOLOGIA (RI)**

- Raios X (filmes/digital)
- Mamografia
- Tomografia Computadorizada
- Radiologia Intervencionista

**DIAGNÓSTICO POR IMAGEM**

**MEDICINA NUCLEAR (RI)**

- Imagens Planares
- SPECT
- PET e PET/CT

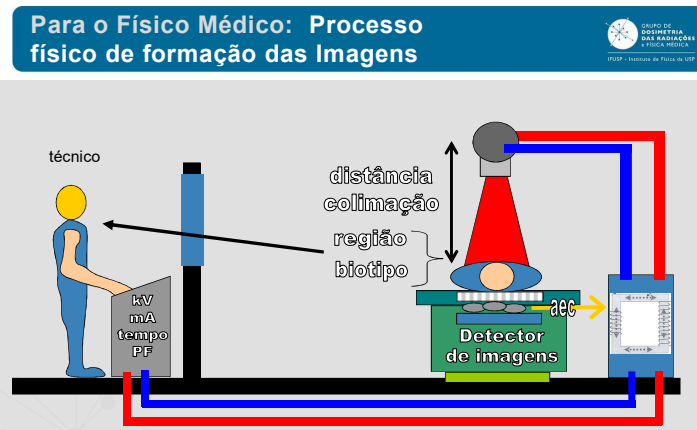
**RESSONÂNCIA MAGNÉTICA**

**DENSITOMETRIA ÓSSEA (RI)**

**ULTRASSONOGRRAFIA**

**ENDOSCOPIA ...**

**Para o Físico Médico: Processo físico de formação das Imagens**



O **Físico Médico** precisa conhecer, entre outras coisas:

- Características dos equipamentos e das radiações
- Interações da radiação com os tecidos / dose
- Formação das imagens no detector / qualidade

**Física do Diagnóstico por Imagens**



**RADIOLOGIA CONVENCIONAL E DIGITAL**



A qualidade das imagens depende dos parâmetros ajustados no equipamento

⇒ **Ação do Físico Médico**

Física do Diagnóstico por Imagens

**MAMOGRAFIA**

DIGITAL FILME



This slide features a blue header with the text 'Física do Diagnóstico por Imagens' and the logo of the 'GRUPO DE QUÍMICA DAS RADIAÇÕES E FÍSICA MÉDICA' (GQRFM) from the 'Instituto de Física de USP'. The main content includes a central oval with the word 'MAMOGRAFIA' in yellow. To the right, two mammography images are shown: one labeled 'DIGITAL' and one labeled 'FILME'. Below these, two photographs show medical professionals in white coats operating a mammography machine and viewing digital images on computer monitors.

Física do Diagnóstico por Imagens

**TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA**



This slide has a blue header with 'Física do Diagnóstico por Imagens' and the GQRFM logo. A central oval contains the text 'TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA' in yellow. The main image shows a CT scanner with a patient lying on the table. To the right, there are several cross-sectional CT scan images of a human body.

**TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA**

Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina em 1979  
**Godfrey Hounsfield e Allan Cormack – TC axial -**

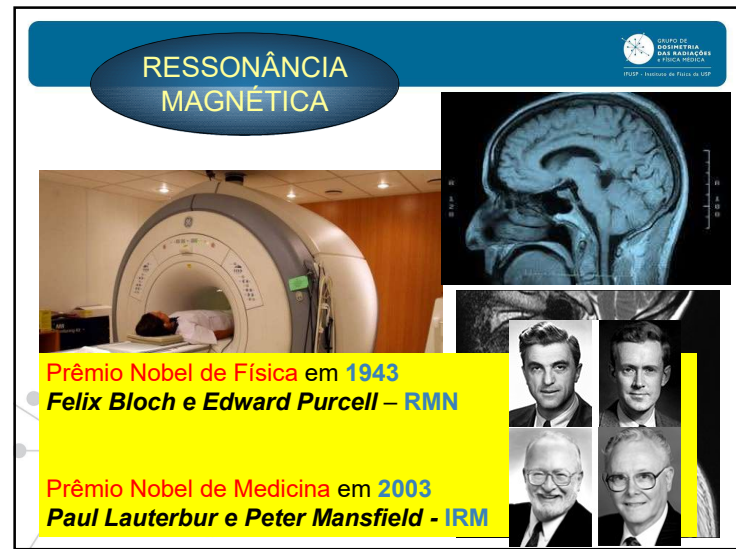


This slide features a blue header with 'TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA' in yellow. The main image is an axial CT scan of a human chest, showing the ribs and internal organs. Below the scan, there is a yellow banner with the text 'Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina em 1979 Godfrey Hounsfield e Allan Cormack – TC axial -'. To the right of the banner are two small black and white portraits of Godfrey Hounsfield and Allan Cormack.

**RESSONÂNCIA MAGNÉTICA**

Prêmio Nobel de Física em 1946  
**Felix Bloch e Edward Purcell – RMN**

Prêmio Nobel de Medicina em 2003  
**Paul Lauterbur e Peter Mansfield - IRM**



This slide has a blue header with 'RESSONÂNCIA MAGNÉTICA' in yellow. The main image shows an MRI scanner with a patient lying on the table. To the right, there is a sagittal MRI scan of a human brain. Below the scanner image, there is a yellow banner with the text 'Prêmio Nobel de Física em 1946 Felix Bloch e Edward Purcell – RMN'. Below this banner are two small black and white portraits of Felix Bloch and Edward Purcell. At the bottom of the slide, another yellow banner reads 'Prêmio Nobel de Medicina em 2003 Paul Lauterbur e Peter Mansfield - IRM', with two small black and white portraits of Paul Lauterbur and Peter Mansfield to its right.

## Física do Diagnóstico por Imagens

**ULTRASSONOGRAFIA**





GRUPO DE QUÍMICA DA RADIOLÓGIA E FÍSICA MÉDICA  
FQSP - Instituto de Física da USP

## MEDICINA NUCLEAR

- Prêmio Nobel de Química em 1935**  
**Irene e Frederic Joliot-Curie** –  
Radioisótopos artificiais
- Prêmio Nobel de Química em 1943**  
**George de Hevesy** –  
Radiotraçadores para MN
- Prêmio Nobel de Física em 1939**  
**Ernest O. Lawrence** –  
Invenção do Ciclotron








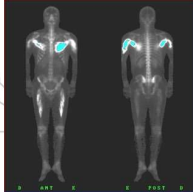
30


## Modalidades em Medicina Nuclear

Imagens em MN

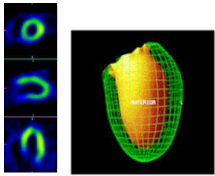



**Planares**






**SPECT**





**PET**



GRUPO DE QUÍMICA DA RADIOLÓGIA E FÍSICA MÉDICA  
FQSP - Instituto de Física da USP

31

## História: Terapia com Fontes de Luz

**FOTOTERAPIA**




**E hoje ?...**



GRUPO DE QUÍMICA DA RADIOLÓGIA E FÍSICA MÉDICA  
FQSP - Instituto de Física da USP

Cortesia: E.M Yoshimura

Wellcome Library, London

32



**RADIOTERAPIA** um pouco de História

GRUPO DE QUÍMICA DAS RADIAÇÕES E FÍSICA MÉDICA  
FQSP - Instituto de Física da USP



**Radioterapia com feixes de raios X**

Tratamento de tumor facial com raios X em 1915. Uso de blindagem localizada e blindagem do equipamento.



“Sala de tratamento radioterápico” no início do século XX.

Cortesia: E.M Yoshimura

33

**Radioterapia: um pouco de História**

GRUPO DE QUÍMICA DAS RADIAÇÕES E FÍSICA MÉDICA  
FQSP - Instituto de Física da USP

**Radioterapia com fontes radioativas**




Aplicadores com fontes de emanção (radônio) à esquerda, e de Ra-226 à direita (1918).  
*Radiography and Radio-therapeutics: Radio-therapeutics Robert Knox*

Cortesia: E.M Yoshimura

34

**Radioterapia (com Aceleradores)**

GRUPO DE QUÍMICA DAS RADIAÇÕES E FÍSICA MÉDICA  
FQSP - Instituto de Física da USP



O primeiro acelerador linear dedicado a radioterapia, construído na Universidade de Stanford (1957).  
*Stanford Report, April 18, 2007*

**Acelerador linear moderno, para radioterapia com elétrons e fótons (raios X).**  
[http://www.varian.com/euen/oncology/radiation\\_oncology/clinac/](http://www.varian.com/euen/oncology/radiation_oncology/clinac/)

**Radioterapia com aceleradores lineares**



Cortesia: E.M Yoshimura

**Radioterapia (com fontes radioativas)**

GRUPO DE QUÍMICA DAS RADIAÇÕES E FÍSICA MÉDICA  
FQSP - Instituto de Física da USP

**Radioterapia com fontes radioativas**

Equipamento para **braquiterapia** de alta taxa de dose  
*Elekta (esq); UJP - Praha (abaixo).*



Unidade de cobalto-terapia (**teleterapia com Co-60**)  
*Elekta (esq); UJP - Praha (abaixo).*



Cortesia: E.M Yoshimura

## A profissão de FM Organizações de FM no mundo

International Organization for Medical Physics



mundo



**International Radiation Protection Association** + muitas outras






## A Física médica no Brasil

**1956:** Início das atividades de FM no Brasil




- Os físicos **Esther N. Pereira** (INCA, RJ) e **Dirceu M. Vizeu** (APCC, SP) são admitidos para trabalhar em **Radioterapia**.
- É criado em SP o antigo IEA (atual **IPEN/CNEN**), com sua **Divisão de Física na Saúde**.
- É criada a **CNEN** e, depois, o **IRD**, que é o Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes.



**1959:** Início das atividades de FM em **Medicina Nuclear**

- O físico **Alípio Dias Neto** liga-se ao **Centro de Medicina Nuclear** da USP (CMN-USP)
- O prof. **Adelino José Pereira** inicia sua extensa dedicação à radioterapia no **Hosp. A. C. Camargo** (SP).

38

## A Física médica no Brasil

**1969: Fundação da ABFM**





~ 20 físicos, sob a liderança dos Profs. **Thomaz Bitelli** e **Shiguelo Watanabe** e motivados pelo **Dr. John R. Cameron** (Univ. de Wisconsin - IL - USA)

Hoje : mais de **600** sócios profissionais

**Algumas atividades científicas da ABFM**

- Conferências Latino-Americanas sobre FM e PR.
- Congresso Mundial sobre Física Médica e Engenharia Biomédica (1994, no RJ).
- Congressos Brasileiros de Física Médica** (anuais).



39

## A Física médica no Brasil



**XXIII CBFM**  
Congresso Brasileiro de Física Médica  
IX Encontro Gaúcho de Física Médica | IV Simpósio Sul Brasileiro de Física Médica  
Barra Shopping, Porto Alegre, RS - 04 a 08 de setembro de 2018





Publicação da **Revista Brasileira de Física Médica** e do **jornal Núcleo da Matéria** (on-line). [www.abfm.org.br](http://www.abfm.org.br)

40

**Dia Internacional da Física Médica - 07.11**

GRUPO DE DOSIMETRIA DAS RADIAÇÕES e FÍSICA MÉDICA  
IFUSP - Instituto de Física da USP

**150<sup>th</sup> Birthday of Marie Skłodowska-Curie**  
<https://www.ifusp.usp.br/IOIMP/>

Medical Physics: Providing a Holistic Approach to Women Patients and Women Staff Safety in Radiation Medicine

7 November 2017  
International Day of Medical Physics

**Continua...**

**GRUPO DE DOSIMETRIA DAS RADIAÇÕES e FÍSICA MÉDICA**

IFUSP - Instituto de Física da USP

**Obrigado!**

Ricardo A. Terini  
rterini@if.usp.br

Cortesias de alguns slides:  
Prof. Paulo R. Costa  
Elisabeth M. Yoshimura

**As áreas da Física Médica**

**DIAGNÓSTICO**

**IMAGENS**