



# Geração de modelos antropomórficos para simulação em códigos computacionais.



**Isaac 'Stevão Sena**

*Discente do curso de Bacharelado em Física do DCET/UESC,  
Bolsista de Iniciação Científica FAPESB*

**Orientador: Felix Mas Milian**

*Professor Dr. DCET/UESC*

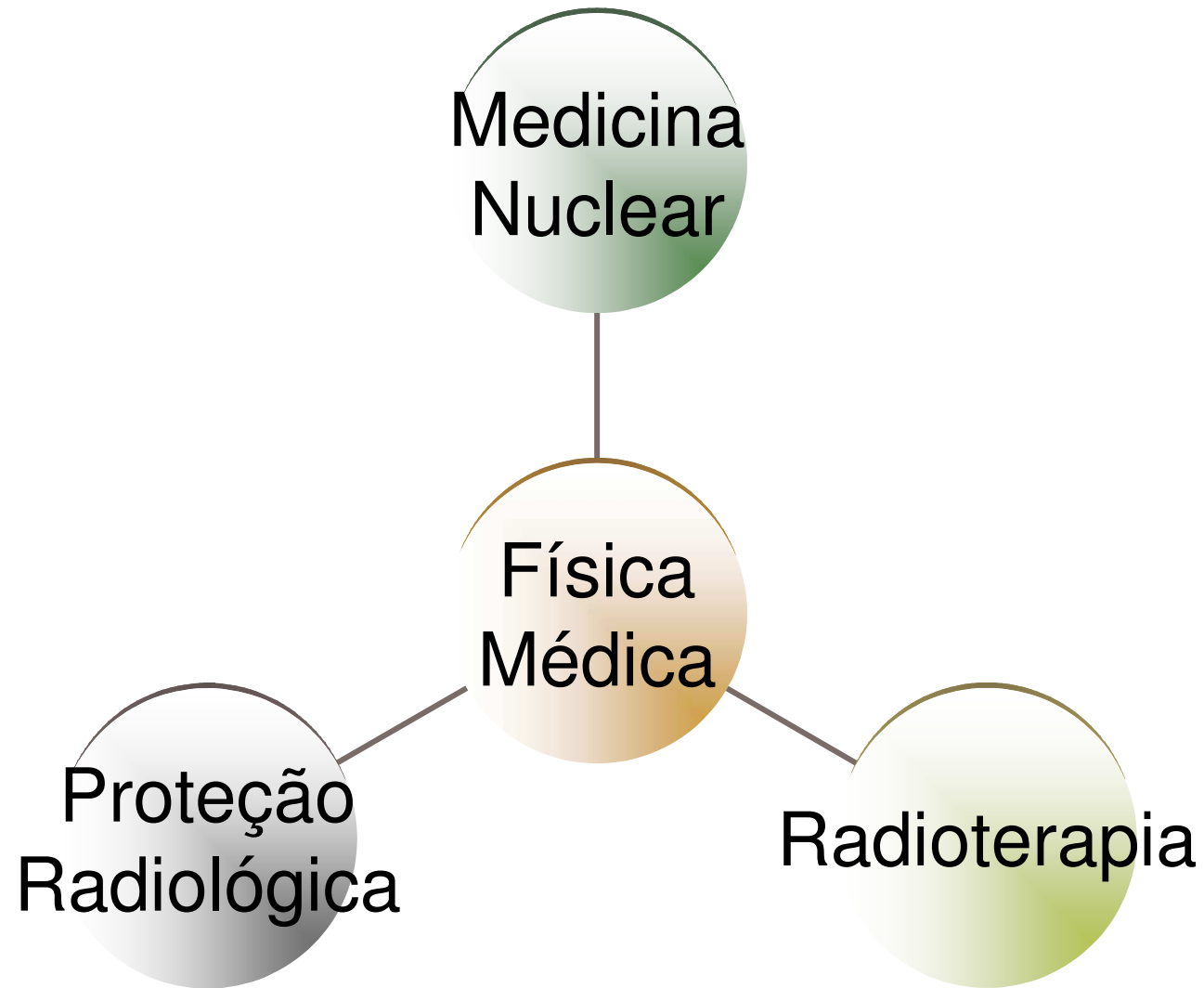
---

# Equipe

- Prof. PhD Felix Mas Milian
  - Prof. PhD Fermin Garcia
  - Isaac 'Stevão Sena
  - Vivaldo Lopes
  - Hugo Menezes
  - Leidson Moreau Jr.
-

---

# Física Médica



---

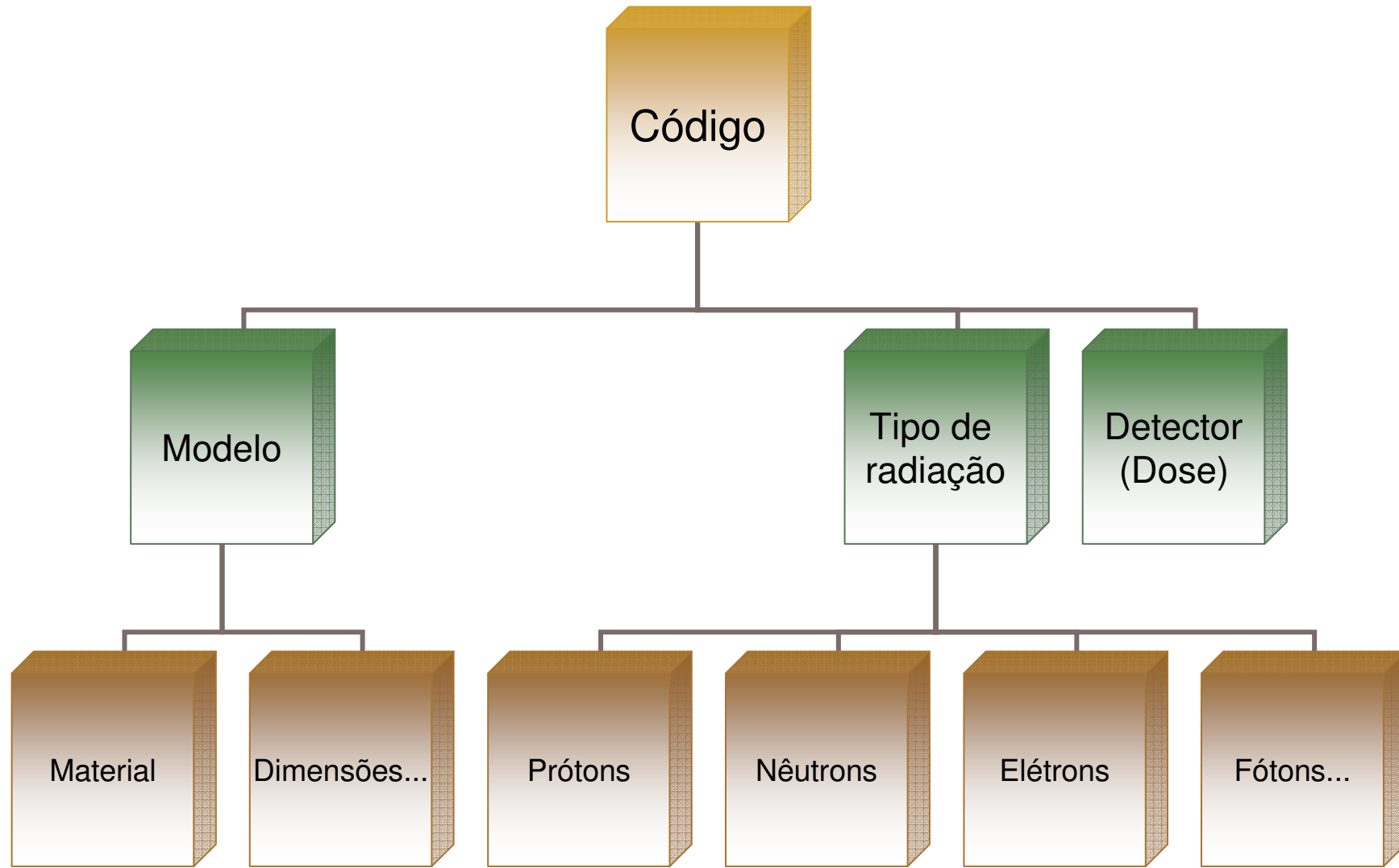
# Cálculo da Dose

$$\text{Dose} = \text{Energia} / \text{Massa}$$

- Experimental
- Teórico → Simulação Computacional



# Simulação Computacional

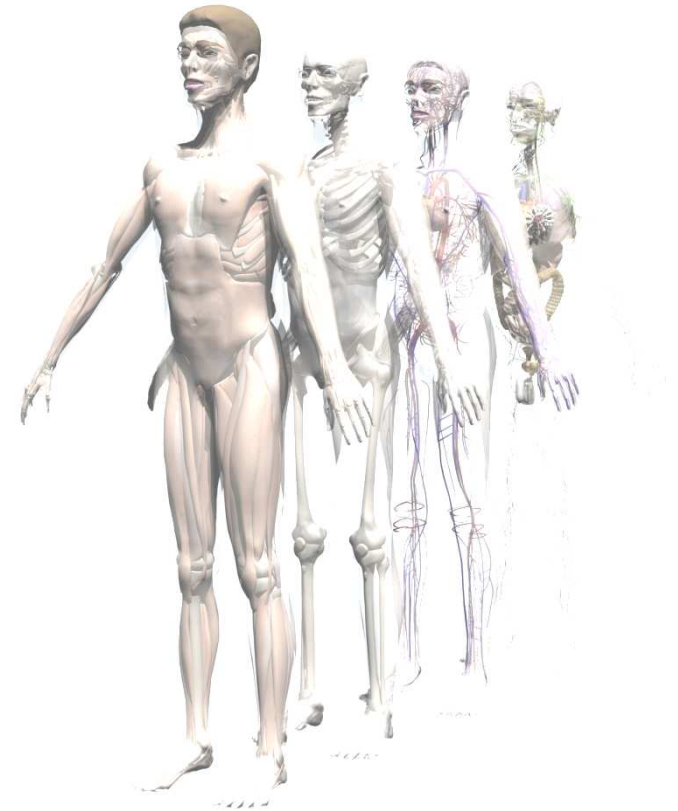


---

# Código

- **MCNP: Monte Carlo N-Particle  
(MCNPX TEAM, 2005)**

- **TOMO\_MC**



---

# Objetivo

Desenvolver um novo modelo antropomórfico 3D, para sua utilização em simulações dosimétricas por Monte Carlo aplicados à Física Médica, proteção radiológica, planejamentos radioterápicos e Medicina Nuclear.

---

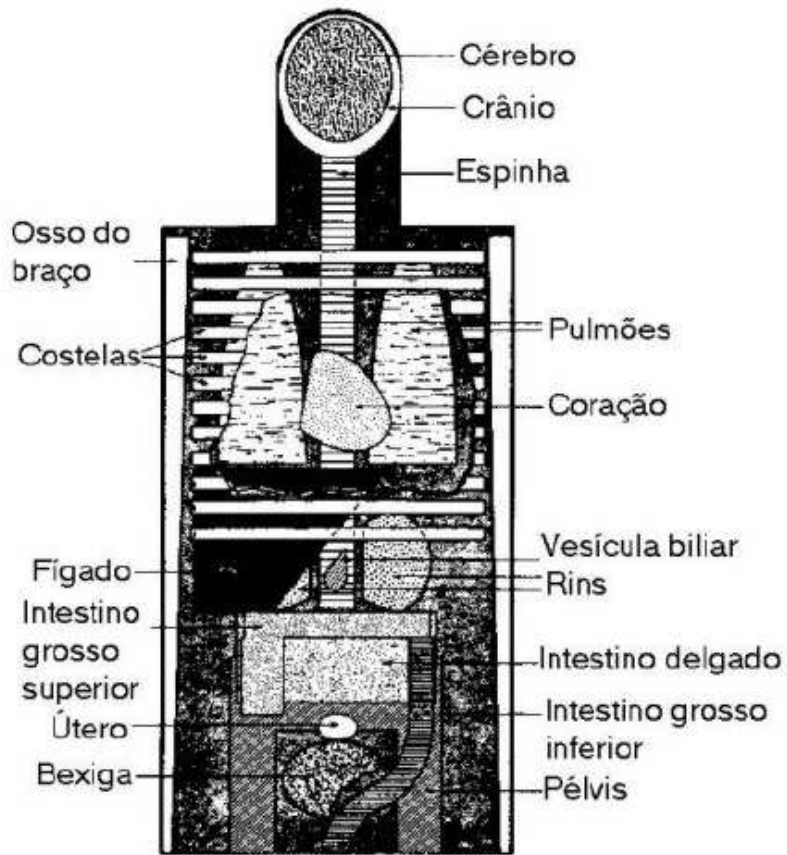
---

# Primeiros Modelos

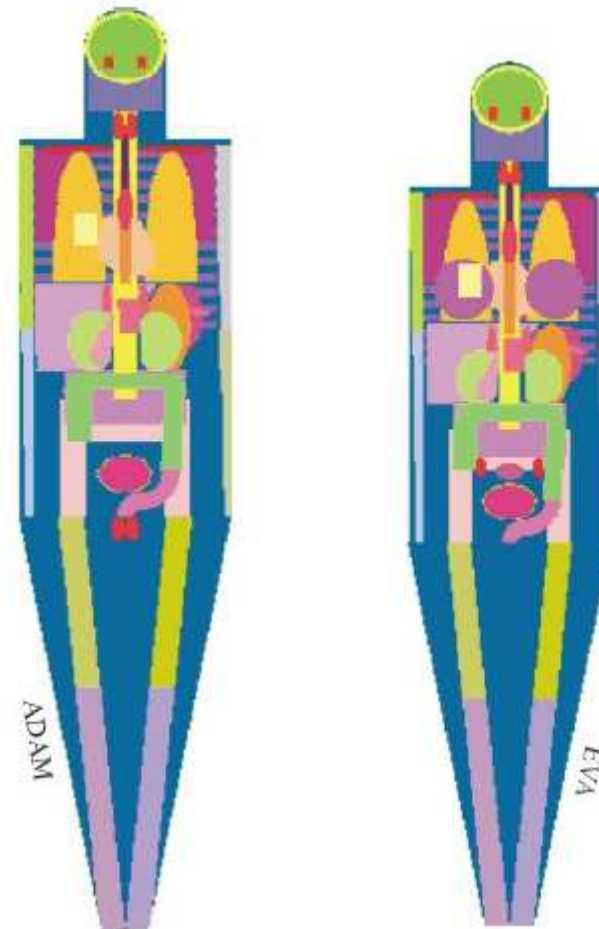
- Fisher e Snyder – 1967
  - Snyder: MIRD-5 (Medical Radiation Dose Committee, phantom nº 5) – 1975
    - Bases para várias derivações
      - Crianças;
      - Adolescentes;
      - Gestantes;
      - Etc.
-



# Modelos Matemáticos



Vista frontal do MIRD-5



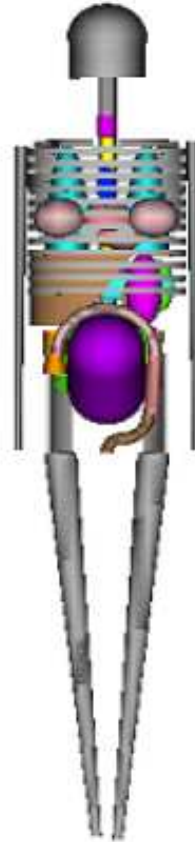
Vista frontal dos fantasmas Adam e Eva

---

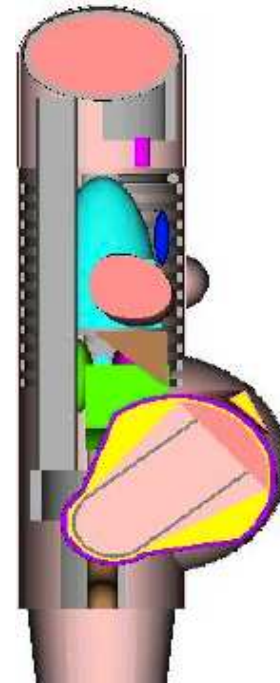
# Modificações nos Modelos Matemáticos



3 meses



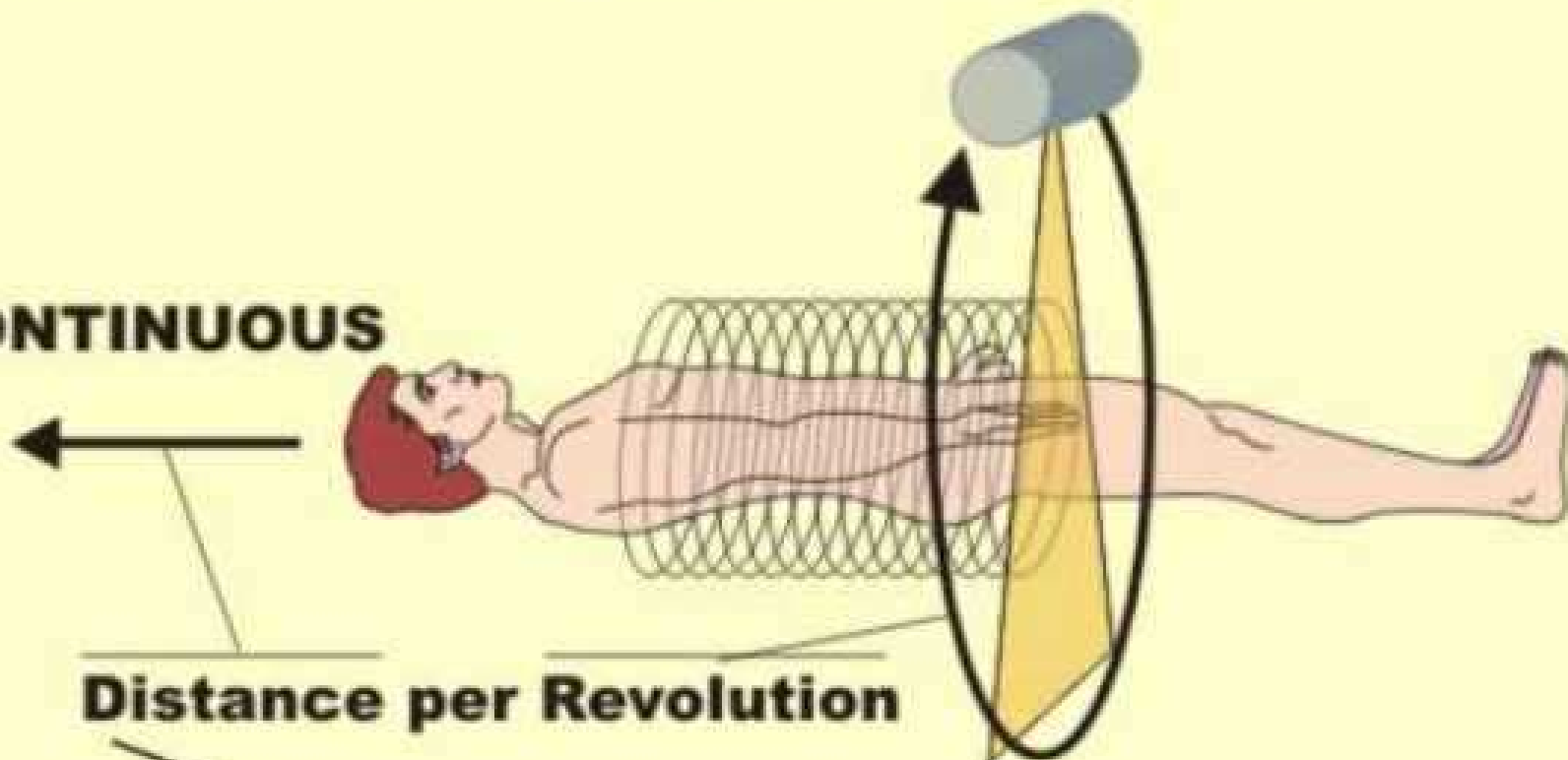
6 meses



9 meses

---

**CONTINUOUS**



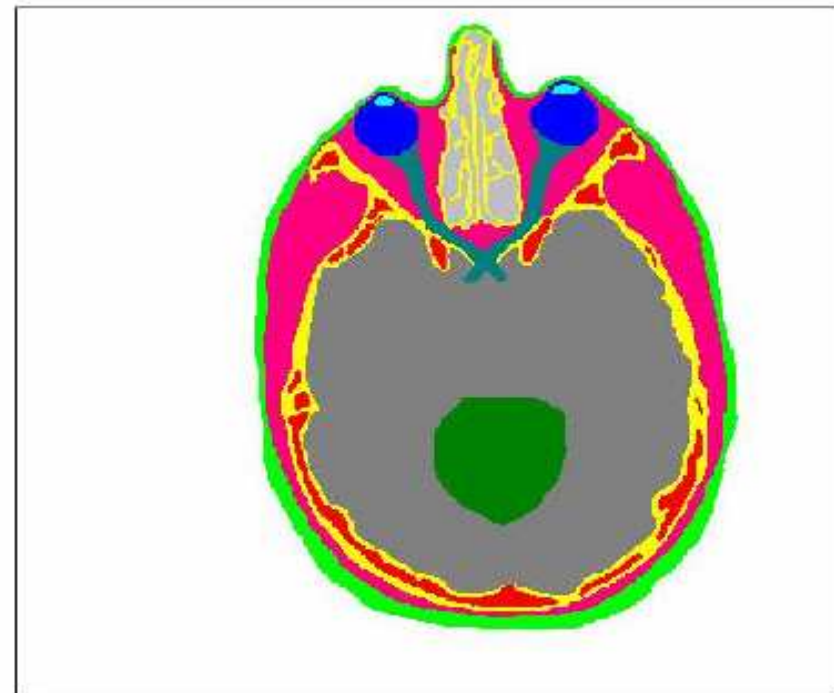
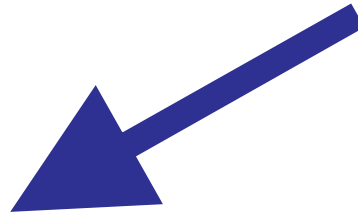
**Distance per Revolution**

$$\text{PITCH} = \frac{D}{W}$$

**Beam Width**

*Sprawls*

# Obtenção do Modelo Voxealizado



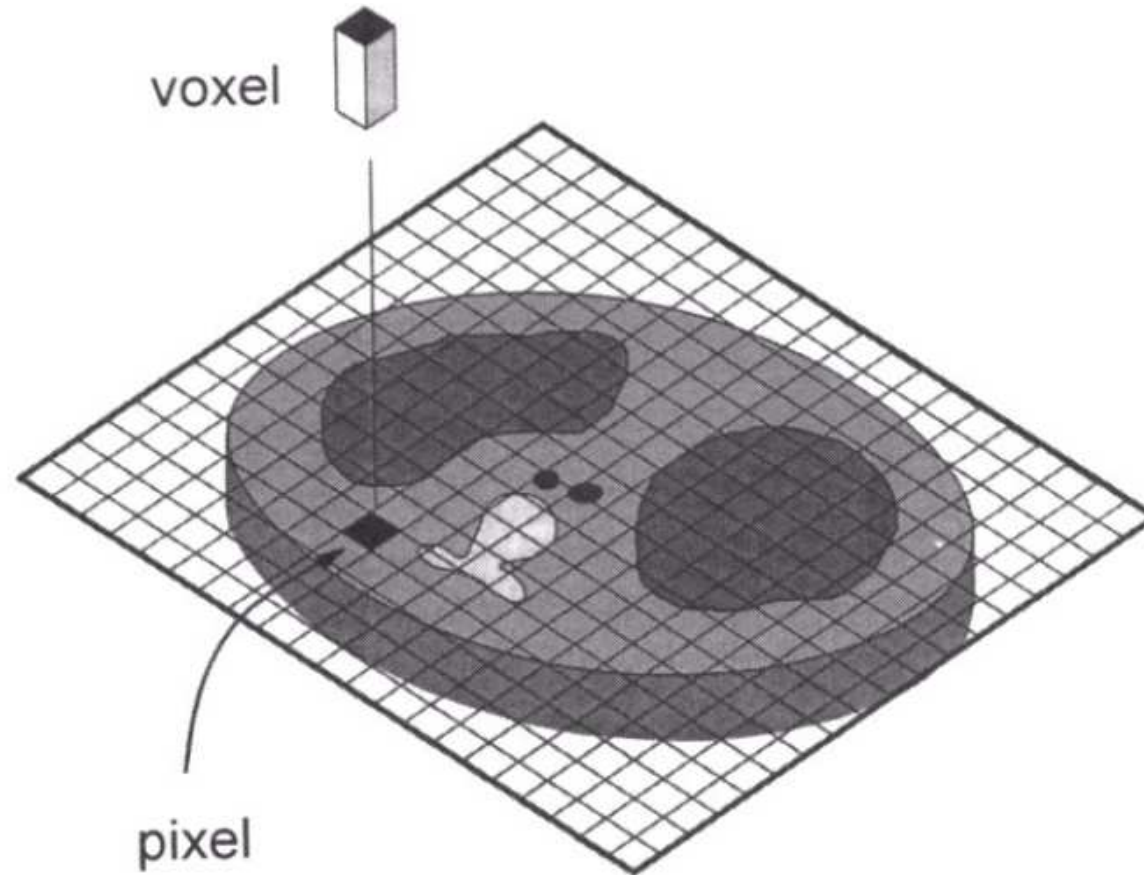
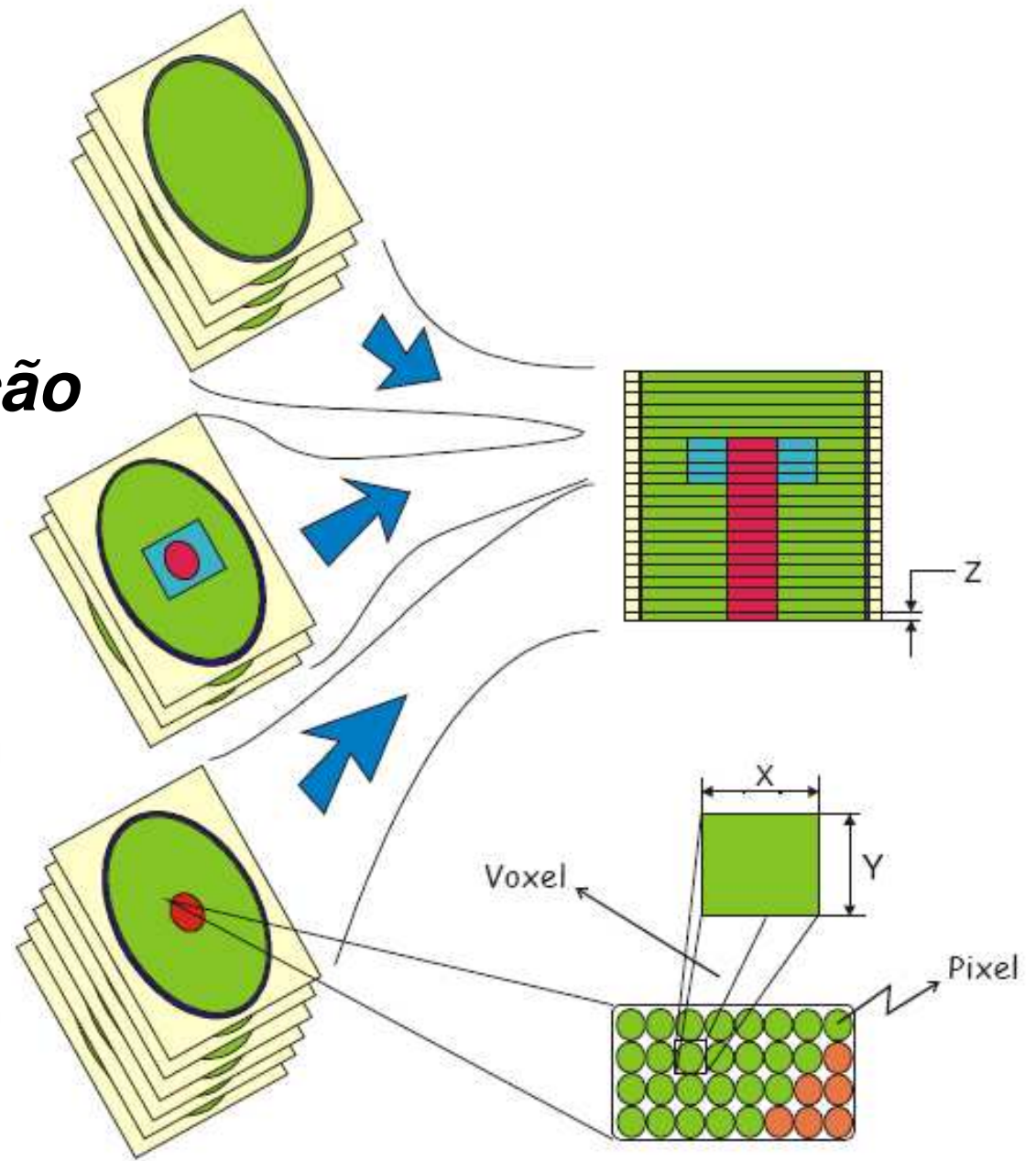


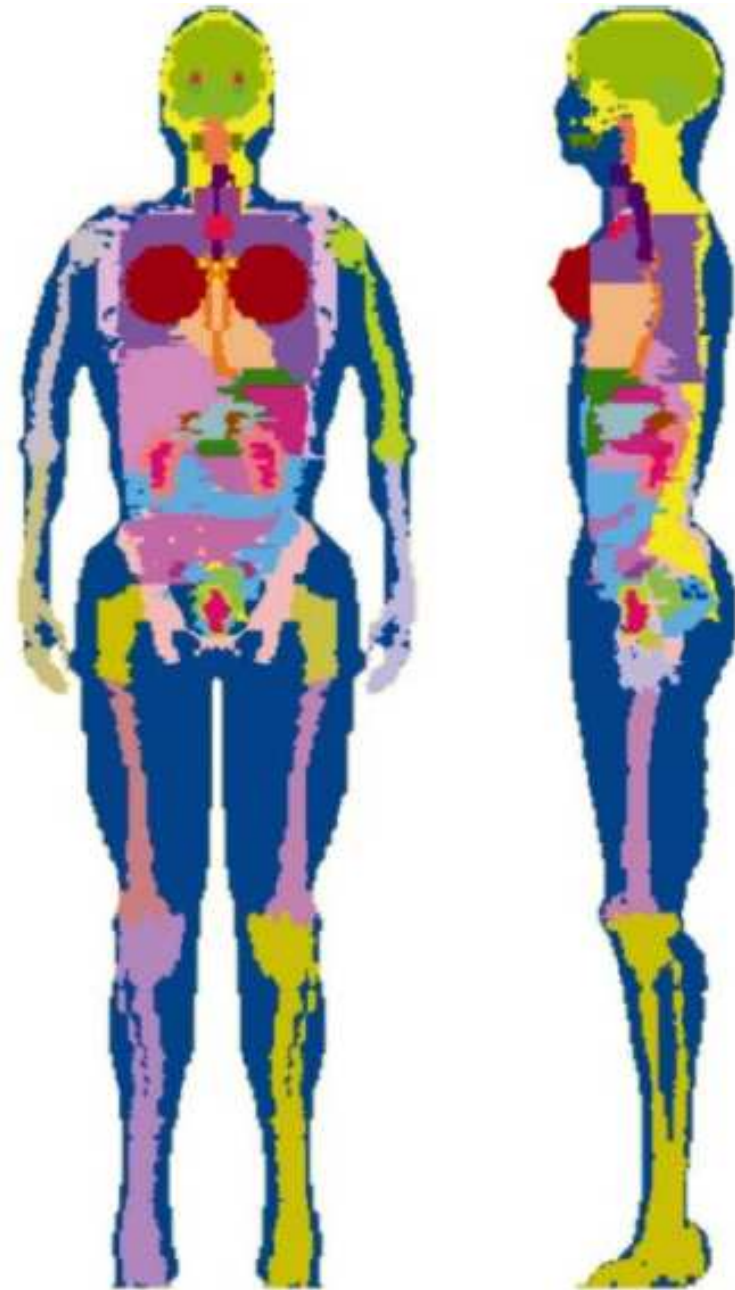
Imagem bidimensional CT correspondendo a uma fatia tridimensional do paciente. Cada pixel na imagem CT corresponde a um voxel no paciente. O voxel tem as duas dimensões do pixel no plano da imagem e a terceira dimensão representa a espessura da fatia da varredura CT.

# Esquema de construção do fantoma



# Modelo anatômico 3D baseado em voxel

Vistas frontal e lateral do fantoma FAX<sup>1</sup>:  
Female **A**dult vo**X**el



---

<sup>1</sup> Cedido pelo Dr. Richard Kramer da Universidade Federal de Pernambuco

---

# Modelos baseados em Voxels (1984)

- Mais realísticos;
  - Informações anatômicas detalhadas;
  - Imagens digitais:
    - Computação Tomográfica;
    - Ressonância Magnética.
  - Cálculos pesados;
  - Inapropriados para o cálculos 4D
-



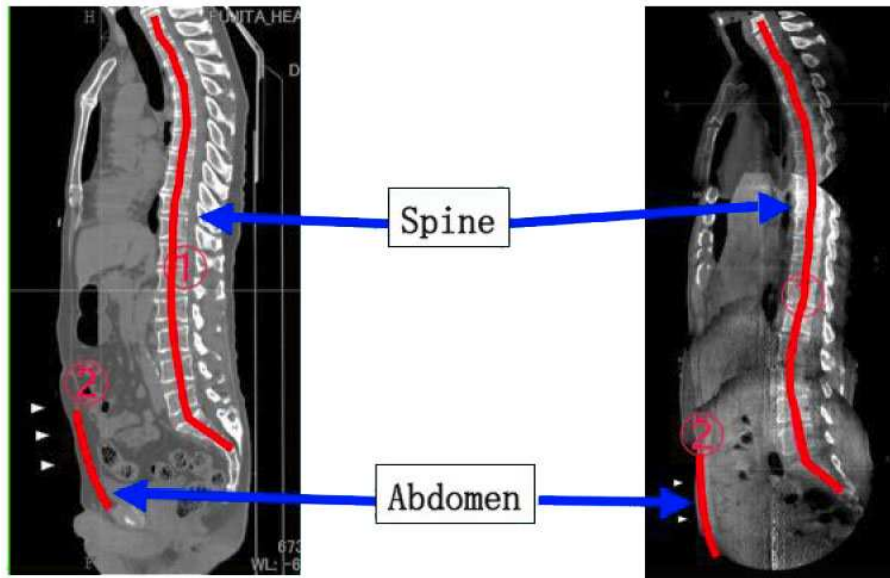
<b>Developer</b>	<b>Model</b>	<b>Images</b>	<b>Race</b>	<b>Age and sex</b>	<b>Subject</b>	<b>Comment</b>
Flinders University,Australia	ADELAIDE	CT	Caucasian	14-year-old female	Patient	Torso
Federal	FAX		Caucasian	Female Adult Voxel Phantom		
Federal	MAX		Caucasian	Modified Zubal Phantom		Reference man dimensions
GSF,Germany	Baby	CT	Caucasian	8-week-old female	Cadaver	
GSF,Germany	Child	CT	Caucasian	7-year-old female	Leukemia patient	Small for age(5 to 7-year-old)
GSF,Germany	Donna	CT	Caucasian	40-year-old female	Patient	
GSF,Germany	Frank	CT	Caucasian	48-year-old male	Patient	Head and torso
GSF,Germany	Golem	CT	Caucasian	38-year-old male	Leukemia patient	
GSF,Germany	Helga	CT	Caucasian	26-year-old female	Patient	Legs absent below mid-thigh
GSF,Germany	Irene	CT	Caucasian	32-year-old female	Patient	
GSF,Germany	Visible-human	CT	Caucasian	39-year-old male	Cadaver(VHP)	No arms
NIICT,Japan	Nagaoka man	MRI	Japanese	22-year-old male	Volunteer	
NIICT,Japan	Nagaoka woman	MRI	Japanese	22-year-old female	Volunteer	
JAERI,Japan	Otoko	CT	Japanese	Adult male		
Johns Hopkins,USA	NCAT	CT	Caucasian	39-year-old male	Cadaver(VHP)	No arms,Motion-simulating
Hanyang University, Korea	KR-man	MRI	Korean	28-year-old male		
NRPB,UK	NORMAN	MRI	Caucasian	Adult male		Only 10 ribs
RPI,USA	Pregnant woman	CT		30 weeks pregnant		Part torso
RPI,USA	VIP-Man	Color photos	Caucasian	39-year-old male	Cadaver(VHP)	One testicle only
U Fla,USA	UF 2 month	CT	Caucasian	6-month-old(=2) male	Cadaver	Small for age
U Fla,USA	UF newborn	CT	Caucasian	6-day-old female	Cadaver	
U Fla,USA	Un-named	CT		9-month-old male		Head and torso
Yale,USA	Zubala	CT	Caucasian	Adult male	Diffuse melanoma	Head and torso

---

# Desenvolvimento de novos Modelos 3D

- Utilização de superfícies Mesh (ou NURBS) anatômicas
  - Substituição das imagens tomográficas
    - Não há o processo de segmentação
  - Deformação do modelo para aplicações 4D
-

# Exemplo para aplicação 4D (Futuro do MCNP)



Deslocamento do abdômen e a espinha da posição deitada para a posição em pé.



Deformação do pulmão usando programas de Desenho Assistido por computador (CAD)

# Órgãos mínimos recomendados pela ICRP

- **Supra-renais**
- Bexiga
- **Superfície do osso**
- Cérebro
- Seios
- Colon
- **Gônadas**
- Rins
- Fígado
- Pulmões
- **Músculos**
- Esôfago
- Pâncreas
- Medula óssea
- Pele
- Intestino delgado
- Baço
- Estômago
- Timo
- **Tireóide**
- **Traquéia**
- Útero
- ❖ **Adicionais**
  - Tecido adiposo
  - Tecido conjuntivo
  - Connective tissue
  - Vias respiratórias
  - **Vesícula biliar**
  - Paredes do coração
  - Nódulos linfáticos
  - Próstata
  - Glândulas salivares

---

# Estado atual do modelo 3D



Animação do modelo atual

---

---

# Agências Financiadoras



---

# Referências Bibliográficas

- ICRP 74. **Conversion Coefficients for use in Radiological Protection Against External Radiation**, International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press, Oxford, 1996.
  - ICRP 89. **Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values**, International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press. Oxford, 2003.
  - ICRU 44. **Tissues Substitutes in Radiation Dosimetry and Measurement**. International Commission on Radiological Units e Measurements. Bethesda, USA, MD, 1989.
  - ICRU 46. **Tissues Substitutes in Radiation Dosimetry and Measurement**. International Commission on Radiological Units e Measurements. Bethesda, USA, MD, 1992.
  - JUNIOR, J. P. **Cálculos dos Coeficientes de conversão para dose efetiva em termos do Kerma no Ar para fótons utilizando simulador antropomórfico de voxels e o código MCNPX**. Dissertação de Mestrado. UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.
  - KRAMER, R.; KHOURY, H.; VIEIRA, J.; et al. **All about FAX: a female adult voxel phantom for Monte Carlo calculation in radiation protection dosimetry**. *Phy. Med. Biol.*, 49 (23) 5203-5216, 2004.
  - YORIYAZ, H. **Desenvolvimento de uma Metodologia Computacional para Cálculos em Dosimetria Interna**. Tese (Doutorado em Ciências) – IPEN Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, 2003.
  - XU, X.; SHI, C. **Preliminary Development Of A 4D Anatomical Model For Monte Carlo simulations**. Monte Carlo 2005 Topical Meeting. The Monte Carlo Method: Versatility Unbounded In A Dynamic Computing World? Chattanooga, TN, April 17-21, 2005.
  - ZANKL M.; WITTMANN A. **The adult male voxel model ‘Golem’ segmented from whole-body CT patient data**. *Radiat. Environ. Biophys.* 40 153–62, 2001.
-

---

Obrigado pela atenção!

