


**Universidade de São Paulo**  
 Faculdade de Saúde Pública  
 Departamento de Nutrição – HNT0210 Avaliação Nutricional

# Composição Corporal I

HNT0210 Avaliação Nutricional

**Roteiro da aula** Composição corporal I HNT0210 Avaliação Nutricional

- Conceitos e modelos da composição corporal;
- O uso de métodos de referência para estimar as frações dos modelos da composição corporal;
- Revisão de alguns métodos de referência para estimar a composição corporal;
- A composição corporal com base em valores empíricos de estudos populacionais;
- O uso de valores da composição corporal para avaliar o estado nutricional.

**Avaliação nutricional e ciclos de vida** Composição corporal I HNT0210 Avaliação Nutricional

Ciclo de vida	Fenômeno fisiológico	Medida antropométrica
CRIANÇA	Crescimento	Altura
ADOLESCENTE ADULTO	Ganho de gordura	Gordura corporal
IDOSO	Desmineralização óssea Sarcopenia	Gordura corporal

**Por que devemos estudar magreza ou obesidades nas populações?** Composição corporal I HNT0210 Avaliação Nutricional

**Porque são doenças!**  
 (Obesidade: CID-10 capítulo IV E65, E66, E67)  
 (Baixo peso: CID-10 capítulo XVI P05 – P08)  
 [gestação e baixo peso ao nascer]

Porque aumentam o risco de outras doenças crônicas na população!

Porque aumentam o risco de mortalidade em vários grupos etários!

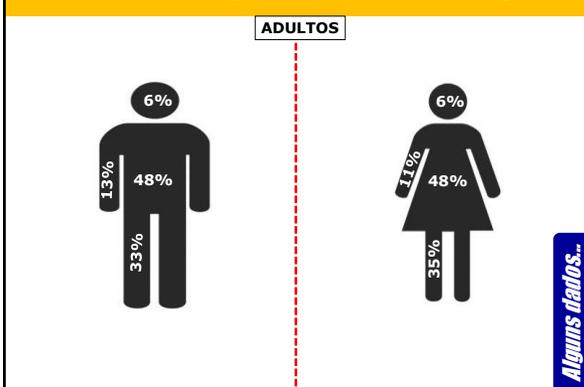
**As perguntas da composição corporal**

<b>Como descrever a composição corporal?</b>	<b>Qual o ponto de partida?</b>
<b>Como se determina a quantidade de frações do corpo humano?</b>	<b>Como se determinam os tipos de elementos que caracterizam cada fração do corpo humano?</b>

**Alguns dados...**

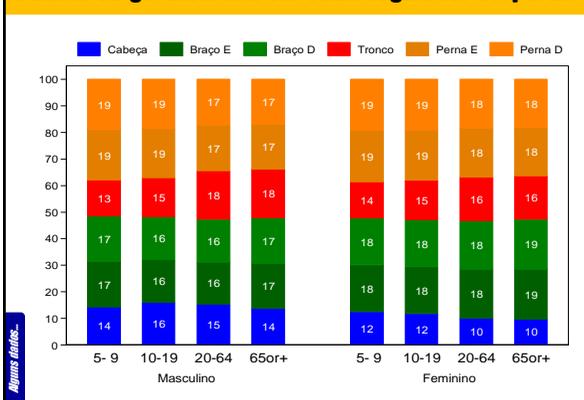
O peso relativo de cabeça, tronco e membros

### Peso relativo das partes (membros) corporais

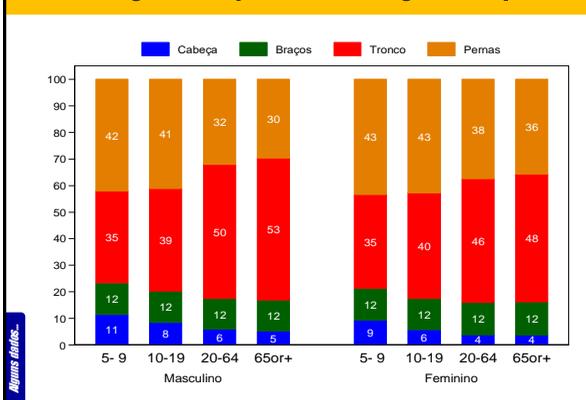


*A distribuição da gordura dentro dos segmentos corporais*

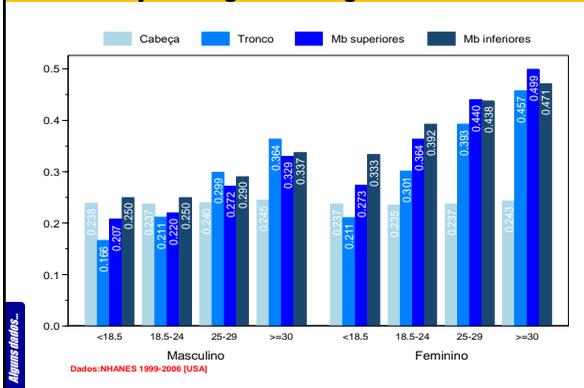
### Quanto de gordura tem em cada segmento corporal?



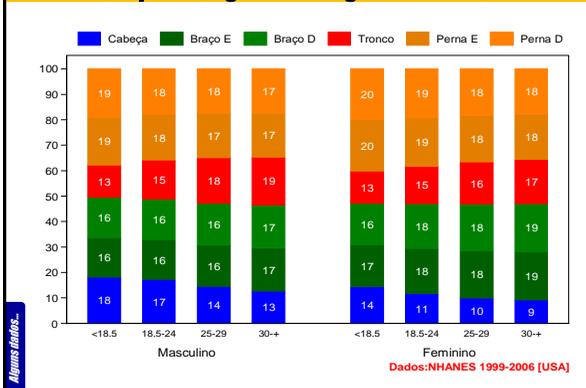
### Quanto da gordura corporal está cada segmento corporal?



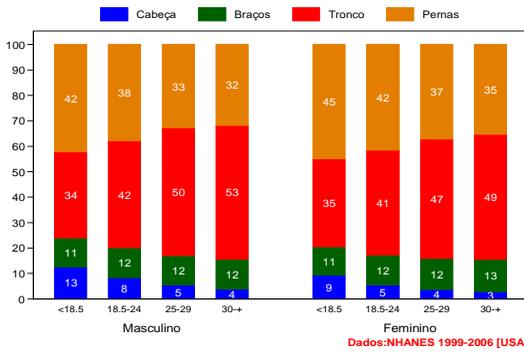
### Quantidade (%) de gordura em cada segmento corporal segundo categorias do IMC



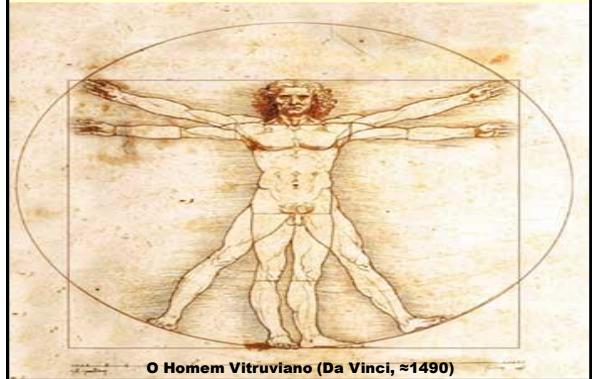
### Quantidade (%) de gordura em cada segmento corporal segundo categorias do IMC



### Distribuição (%) da gordura corporal em homens e mulheres segundo categorias do IMC



### A representação corporal

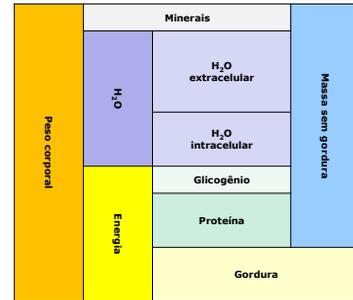


*A representação corporal moderna está baseada em modelos de componentes corporais e não em proporções de segmentos*

#### Principais componentes da massa corporal

Composição corporal I

HNT0210  
Avaliação Nutricional



#### Os principais componentes do peso corporal

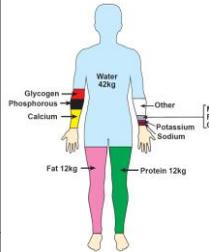
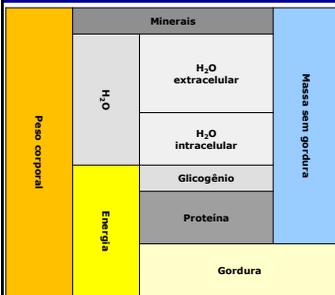
As proporções médias de água (0,725), proteínas (0,195) e minerais (0,08); glicogênio varia de 0,01 a 0,02. A água intracelular varia de 50 a 55%, a parte restante está no espaço extracelular.

Extraído: WHO. Physical Status... 1995

#### Principais componentes da massa corporal

Composição corporal I

HNT0210  
Avaliação Nutricional



#### Os principais componentes do peso corporal

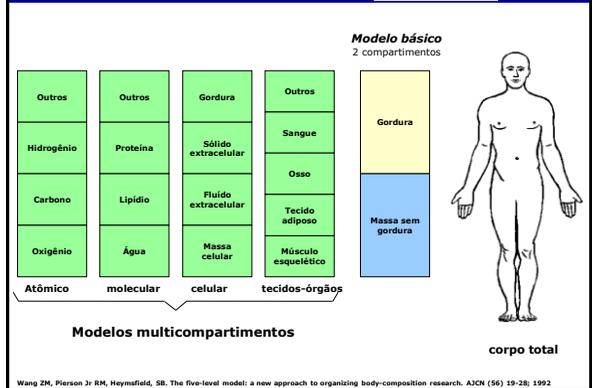
As proporções médias de água (0,725), proteínas (0,195) e minerais (0,08); glicogênio varia de 0,01 a 0,02. A água intracelular varia de 50 a 55%, a parte restante está no espaço extracelular.

Extraído: WHO. Physical Status... 1995

#### Modelos da composição corporal

Composição corporal I

HNT0210  
Avaliação Nutricional

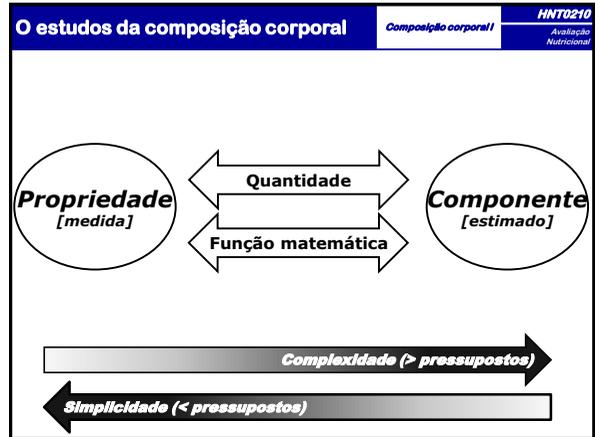


Wang ZH, Pierson Jr RM, Heymsfield, SB. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. AJCN (56) 19-28; 1992

Modelos da composição corporal		Composição corporal I	HINT0210 Avaliação Nutricional
Representative multicomponent models at the five-body composition levels			
Level	Body composition model	Number of components	
Atomic	BM = H + O + N + C + Na + K + Cl + P + Ca + Mg + S	11	
Molecular	BM = FM + TBW + TBPro + Mo + Ms + CHO	6	
	BM = FM + TBW + TBPro + M	4	
	BM = FM + TBW + nonfat solids	3	
	BM = FM + Mo + residual	3	
	BM = FM + FFM	2	
Cellular	BM = cells + ECF + ECS	3	
	BM = FM + BCM + ECF + ECS	4	
Tissue-organ	BW = AT + SM + bone + visceral organs + other tissues	5	
Whole body	BW = head + trunk + appendages	3	

Modelos multicompartimentais

AT, adipose tissue; BCM, body cell mass; BM, body mass; CHO, carbohydrates; ECF, extracellular fluid; ECS, extracellular solids; FFM, fat-free mass; FM, fat mass; M, mineral; Mo, bone mineral; Ms, soft-tissue mineral; SM, skeletal muscle; TBPro, total body protein; TBW, total body water. Reproduced with permission [2].



## Os métodos de referência

**Alerta inicial**

...*“Uma única técnica para avaliar a composição corporal não terá um desempenho ótimo em todas as situações.*

*A validação de técnicas em humanos é difícil de ser realizada. As técnicas in vivo não medem a composição corporal diretamente, mas é predita a partir de medidas das propriedades corporais.*

*Desta forma, todas as técnicas incorrem em dois tipos de erro:*

- 1) Erro metodológico na coleta dos dados (dados brutos) e
- 2) Erros nas premissas utilizadas na conversão dos dados brutos convertidos no valor final.”

Wells & Fewtrell. Measuring body composition. Arch Dis Child 2006;91:612-617.

## O que são métodos de referência?

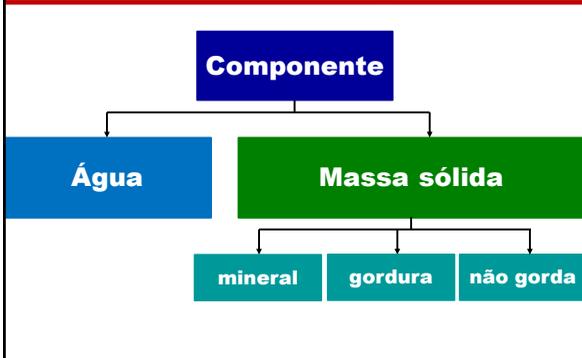
**Métodos de referência**

**Métodos de referência ou padrão ouro:**

*Indica métodos, critérios ou testes que servem de referência para a realização de determinadas medidas ou diagnósticos e que são os melhores tanto sob ensaios sem restrições quanto sob condições razoáveis.*

*Em análises da composição corporal, por exemplo, a única experimentação sem restrições seria a necropsia, o que faz com que se aceitem métodos sob condições razoáveis como métodos de referência ou padrão ouro.*

## Seleção da medida básica em composição corporal



## Métodos de referência e clínicos em composição corporal

<b>Pesagem hidrostática</b>	<b>Pletismografia</b> (deslocamento de ar)	<b>DXA</b> (dupla emissão de raios X)
<b>Dobras cutâneas</b>	<b>BIA</b> (Bioimpedância elétrica)	<b>NIR</b> (Interactância quase infravermelha)

## Métodos de referência e clínicos em composição corporal



O método se baseia em estudos cujos resultados indicam que a densidade óptica está linearmente relacionada às gorduras subcutânea e total no corpo.

O biceps é o local mais utilizado para estimar a gordura corporal com o método NIR. A luz NIR penetra os tecidos e é refletida pelo osso em direção ao detector. Os valores obtidos são utilizados em uma equação múltipla contendo dados de altura, peso, estrutura corporal e nível de atividade física para que seja estimada a % de gordura corporal. [Erro: 5%].

**NIR**  
(interactância quase infravermelha)

NIR praticamente não é mais usado

## Pesagem hidrostática

### Pesagem hidrostática

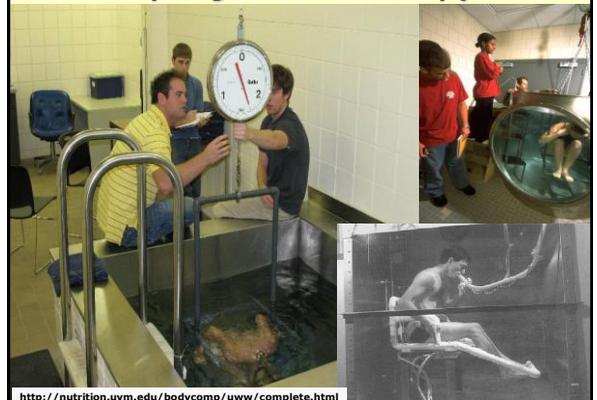
#### O que é?

Medida do volume corporal pelo deslocamento de água pelo indivíduo em uma caixa de volume conhecido. Usualmente estima-se também o volume pulmonar para maior precisão.

#### As premissas do método:

- ✓ A perda de peso do indivíduo sob a água é diretamente proporcional ao volume e peso da água deslocada;
- ✓ O volume de gás no trato gastrointestinal é de 100ml.

### A pesagem hidrostática (I)



<http://nutrition.uvm.edu/bodycomp/www/complete.html>

## Etapas da pesagem hidrostática

- 1) Pesar o indivíduo apenas com as roupas mínimas que serão usadas no teste;
- 2) Registrar a temperatura da água no tanque;
- 3) Introduzir o indivíduo no tanque de pesagem;
- 4) Determinar o volume pulmonar do indivíduo (respirar gás Hélio e depois expirar, registre as 2 medidas e calcule o volume residual);
- 5) Abaixar o indivíduo no tanque até a imersão completa e registre o peso que será estimado;
- 6) Calcule a densidade, dividindo o peso (fora do tanque) pelo termo que estima a razão entre a diferença do peso fora e dentro do tanque e a densidade da água, subtraída do volume do resíduo pulmonar;
- 7) Aplicamos o valor da densidade na equação de Siri e estimamos a % da gordura corporal

## A inferência da densidade corporal

$$Db = \frac{M_s}{[M_s - M_f / D_A] - [V_p - V_{GI}]}$$



$$GC = (4,95/Db) - 4,5$$

Equação de Siri (1961)  
<http://nutrition.uvm.edu/bodycomp/www/siri.html>

Db = densidade corporal;  
 D<sub>a</sub> = densidade da água;  
 M<sub>s</sub> = massa corporal ao ar livre (kg);  
 M<sub>f</sub> = massa corporal submersa (kg);  
 V<sub>p</sub> = volume ar pulmonar (ml);  
 V<sub>GI</sub> = volume ar gastrointestinal (100ml);  
 GC = gordura corporal.

## A pesagem hidrostática

Para uma demonstração completa e interativa da técnica da pesagem hidrostática consulte o site do prof Stephen Pintauro (Departamento de Nutrição e Ciência dos Alimentos – Universidade de Vermont)

<http://nutrition.uvm.edu/bodycomp/www/complete.html>

## Pletismografia

## Pletismografia

### O que é?

Medida do volume corporal pelo deslocamento de ar em uma câmara [temperatura fixa] versus o volume de uma câmara de referência.

### As premissas do método:

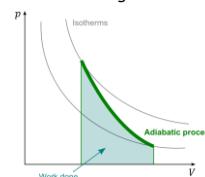
- ✓ Câmaras em condições isotérmicas;
- ✓ O ar nas câmaras em condições adiabáticas (sem ganho ou perda de calor);
- ✓ O ar circula nas câmaras (expande ou comprime) como função da mudança de temperatura **dentro** da câmara;

✓ Lei de Poisson:  $P_1/P_2 = (V_2/V_1)^\lambda$ .  
 $\lambda$  razão do calor específico do gás  $\Rightarrow \lambda=1,4$  (ar) P=pressão V=volume

## Lei de Poisson

### O que é?

**Transformação adiabática** é uma transformação termodinâmica na qual não há troca de calor com o ambiente, mas há **variação térmica**. A energia interna se transforma em **trabalho** diretamente. O trabalho [movimento] é realizado às custas da energia interna do sistema.



Lei de Poisson:  $P_1/P_2 = (V_2/V_1)^\lambda$ .  
 $\lambda$  razão do calor específico do gás  $\Rightarrow \lambda=1,4$  (ar) P=pressão V=volume

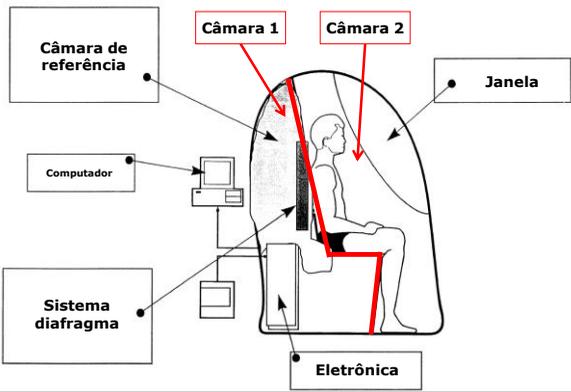
### O pletismógrafo por deslocamento de ar (I)



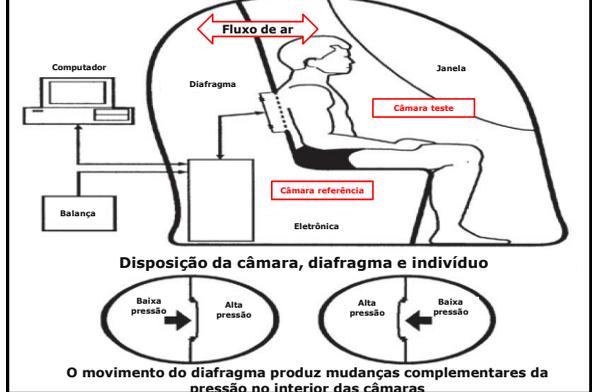
### O pletismógrafo por deslocamento de ar (II)



### A tecnologia Air Displacement Plethysmography (I)



### A tecnologia Air Displacement Plethysmography (II)



### A inferência da densidade corporal

**O volume corporal**

$$VC_{(t)} = VC_b - BSA + (VG_{\text{torax}} * 0,4)$$

$BSA = 94,9 \times (P^{0,441} \times A^{0,655})$

↓

**A densidade corporal**

$$Db = MC / VC$$

↓

**GC = (4,95/Db)-4,5**

**Equação de Siri (1961)**  
<http://nutrition.uvm.edu/bodycomp/uw/siri.html>

VC<sub>(t)</sub> = volume corporal (litro);  
 VC<sub>b</sub> = volume corporal (bruto);  
 BSA = superfície corporal ajustada;  
 VG<sub>torax</sub> = volume do gás torácico;  
 Db = densidade corporal;  
 MC = massa corporal;  
 VC = volume corporal;  
 P = peso (kg);  
 A = altura (cm);  
 C = constante (94,9 cm<sup>2</sup>);  
 GC = gordura corporal.



## Hidrometria

### O que é?

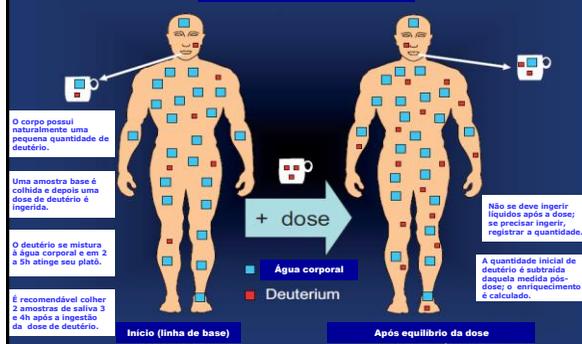
Medida da água corporal por traçadores isotópicos. Utiliza fluidos biológico, p ex: saliva, plasma e urina. A água representa em média 60% do volume corporal e 73% da massa magra - varia com sexo, idade, nível de gordura corporal e estado de saúde.

### As premissas do método:

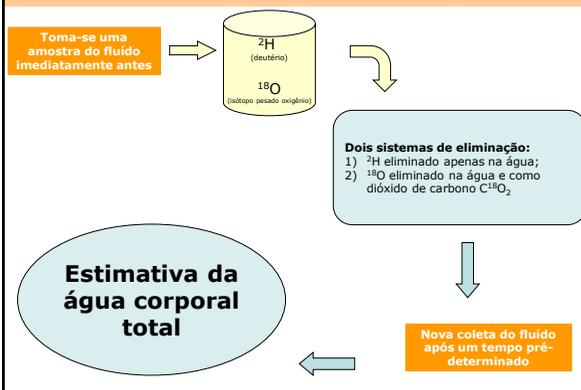
- ✓ O traçador é distribuído somente na água corporal;
- ✓ O traçador é uniformemente distribuído em todos os compartimentos com água;
- ✓ O equilíbrio do traçador é obtido rapidamente;
- ✓ Nem o traçador nem a água corporal são metabolizados durante o intervalo de equilíbrio;
- ✓ A hidratação da massa magra é de 73,2%.

## Equilíbrio do traçador

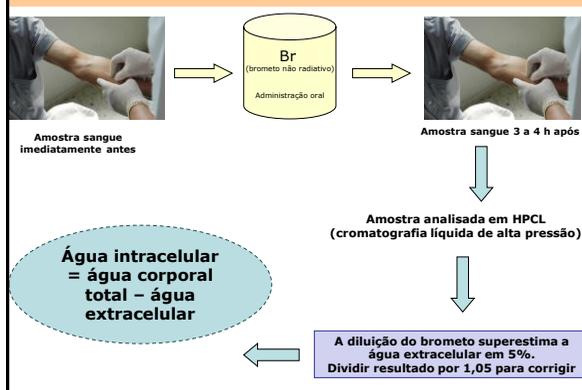
### Diluição do deutério



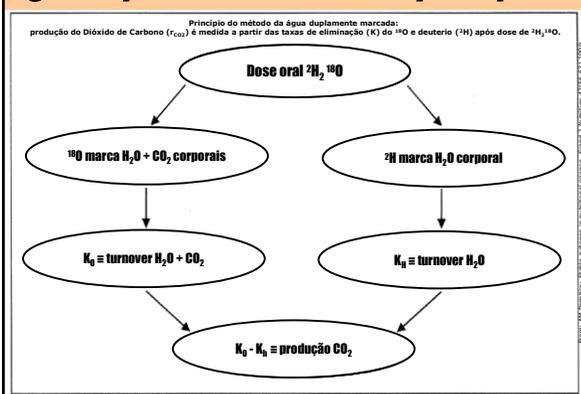
## Hidrometria - modelo da diluição



## Hidrometria - modelo água extracelular



## Água duplamente marcada - princípios



## Água duplamente marcada - curvas de eliminação

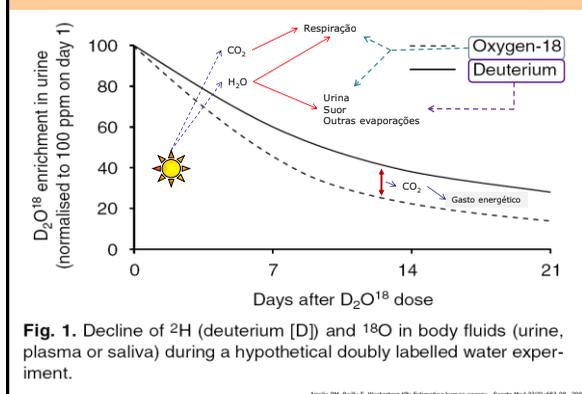


Fig. 1. Decline of  $^2\text{H}$  (deuterium [D]) and  $^{18}\text{O}$  in body fluids (urine, plasma or saliva) during a hypothetical doubly labelled water experiment.

Atwater RM, Beatty T, Waplesburg GJ. Estimating human energy. Sports Med 13(10):483-491, 1993

# Exercício

**Em 4 equipes**

- ✓ Analisar os dados da composição corporal e da antropometria recebidos;
- ✓ Utilizar dados de referência se necessário;
- ✓ Apresentar as justificativas para cada passo ou decisão analítica;
- ✓ Apresentar uma visão global para cada indivíduo analisado.

# DXA

**DXA**

## O que é?

Irradiação do corpo por dupla emissão de raios X [baixa intensidade] para estimativa da composição corporal pela atenuação [retenção] dos raios.

## As premissas do método:

- ✓ A quantidade de gordura na região óssea é a mesma que na região não óssea;
- ✓ Medidas não são afetadas pela espessura anteroposterior do osso;
- ✓ A hidratação e o conteúdo de eletrólitos da massa magra é constante.

## O modelo da composição corporal

Osso	Não osso	
Massa magra	Massa gorda	
Osso	Massa magra	Massa gorda

## O equipamento DXA (I)



## O equipamento DXA (II)

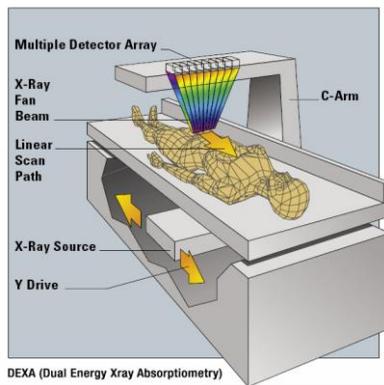


## O densitômetro usado na NHANES



Figure 2-1. Hologic Densitometer ODR4500A

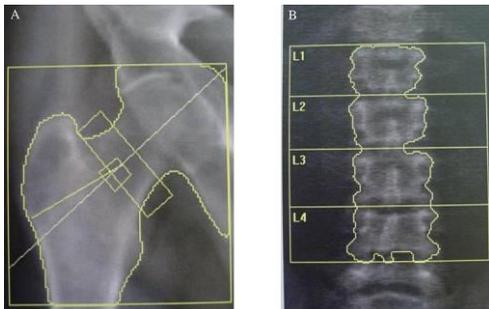
## A tecnologia DXA



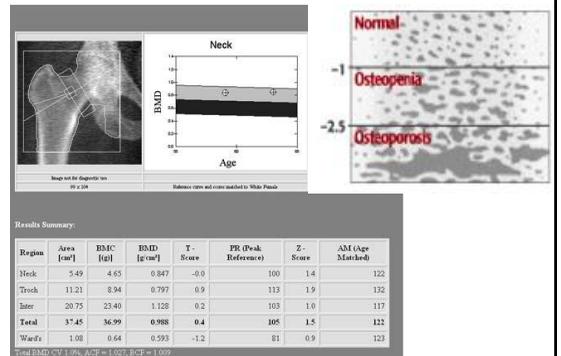
## O scanner com raios X

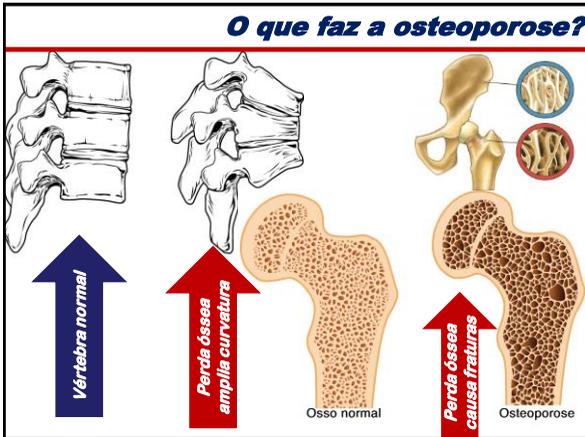


## As regiões escaneadas DXA



## Exemplo de resultado DXA





### A classificação da densidade mineral

#### O escore Z

$$Z = \frac{BMD_{observado} - BMD_{idade}}{DP_{idade}}$$

-2Z a +2Z normal

#### O escore T

$$T = \frac{BMD_{observado} - BMD_{P_{idade}}}{DP_{P_{idade}}}$$

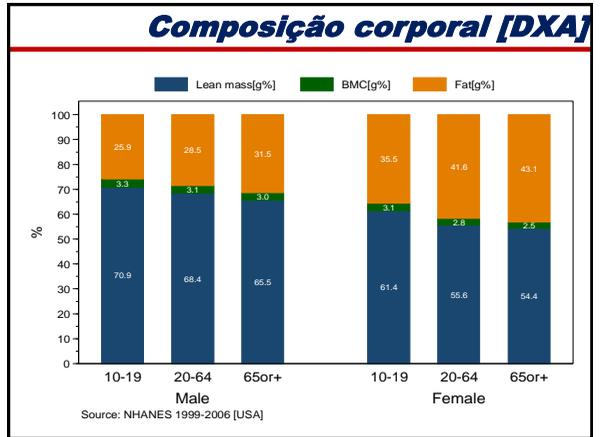
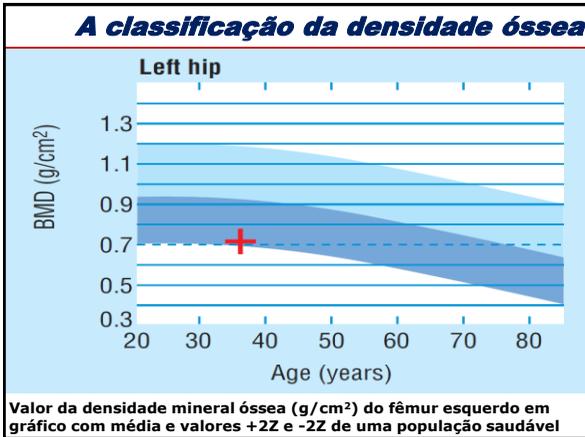
< -2.5T  
osteoporose

-1T a -2.5T  
osteopenia

> -1T  
normal

BMD<sub>observado</sub> = densidade mineral do indivíduo;  
 BMD<sub>idade</sub> = média da população de referência por idade e sexo;  
 DP<sub>idade</sub> = desvio-padrão da população de referência por idade e sexo

BMD<sub>observado</sub> = densidade mineral do indivíduo;  
 BMD<sub>P<sub>idade</sub></sub> = valor máximo da população de referência por sexo;  
 DP<sub>P<sub>idade</sub></sub> = desvio-padrão da população de referência por sexo



# ALERTA

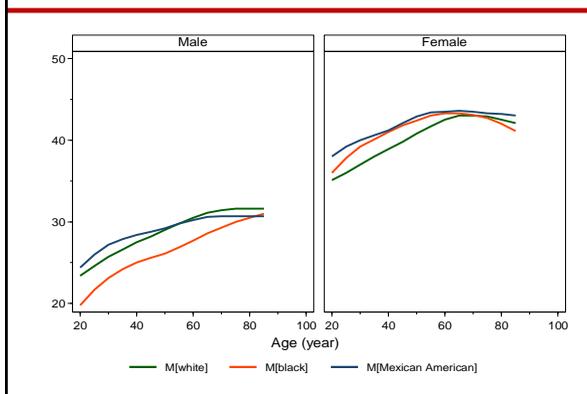
**A porcentagem da gordura corporal, expressa como a quantidade da massa de gordura dividida pela massa corporal total, é bastante utilizada nos estudos da composição corporal. Serão mostrados valores de referência publicados e utilizados em muitos estudos. Em seguida faremos uma consideração sobre a pertinência desse tipo de ajuste para a expressão da gordura corporal.**

### % gordura DXA [referência NHANES]

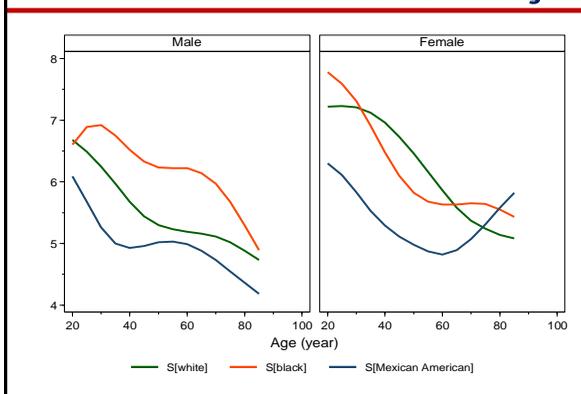
Age	% gordura DXA [referência NHANES]																		
	Males						Females												
	White			Black			White			Black			Mexican American						
M	σ	L	M	σ	L	M	σ	L	M	σ	L	M	σ	L					
20	23.4	6.68	0.221	19.8	6.00	-0.311	24.4	6.09	0.075	25	24.6	6.49	0.325	21.7	6.89	-0.123	26.0	5.68	0.238
25	24.6	6.49	0.325	21.7	6.89	-0.123	26.0	5.68	0.238	30	25.7	6.25	0.428	23.1	6.92	0.064	27.2	5.26	0.460
35	26.6	5.97	0.520	24.2	6.75	0.250	27.9	5.00	0.561	40	27.5	5.68	0.631	25.0	6.52	0.434	28.4	4.93	0.720
45	28.2	5.44	0.732	25.6	6.33	0.617	28.8	4.36	0.877	50	29.0	5.30	0.831	26.1	6.23	0.789	29.2	3.02	1.033
55	29.8	5.23	0.930	26.9	6.22	0.980	29.8	2.83	1.188	60	30.5	5.19	1.028	27.7	6.22	1.160	30.2	4.99	1.363
65	31.1	5.16	1.126	28.6	6.14	1.339	30.6	4.88	1.497	70	31.4	5.11	1.223	29.3	5.97	1.519	30.7	4.73	1.652
75	31.6	5.02	1.320	30.0	5.68	1.698	30.7	4.55	1.806	80	31.6	4.88	1.418	30.5	5.29	1.877	30.7	4.36	1.960
85	31.6	4.73	1.515	31.0	4.89	2.045	30.7	4.18	2.114										

Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB (2002) Dual Energy X-ray Absorptiometry Body Composition Reference Values from NHANES. *PLoS ONE* 4(9): e2938

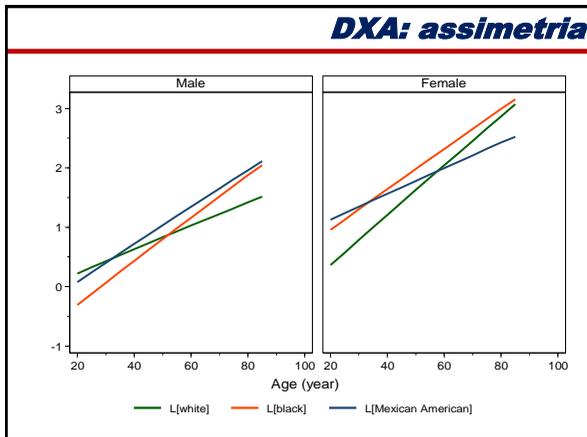
### DXA: mediana



### DXA: coeficiente de variação



### DXA: assimetria



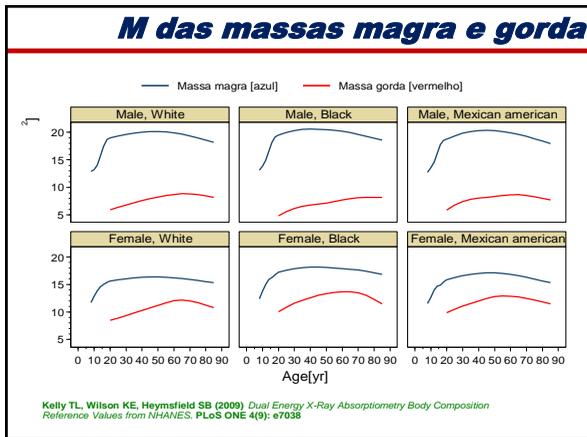
**ATENÇÃO**

*Nutricionistas gostam de usar a porcentagem da gordura corporal como forma de expressar a quantidade de gordura no corpo humano. Evitem isso!*

*A porcentagem de gordura não é o ajuste mais adequado para a expressão da gordura corporal.*

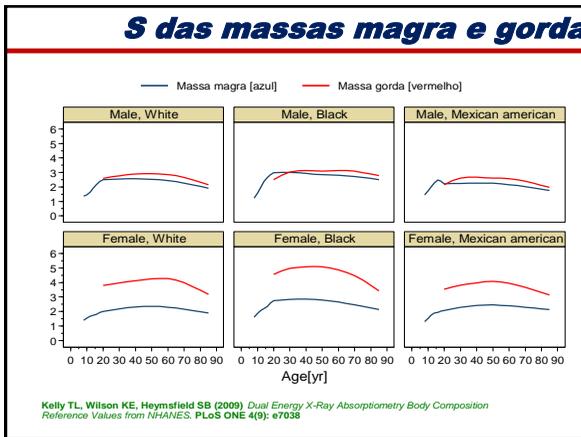
*O melhor ajuste é aquele feito em relação à área corporal*

### M das massas magra e gorda



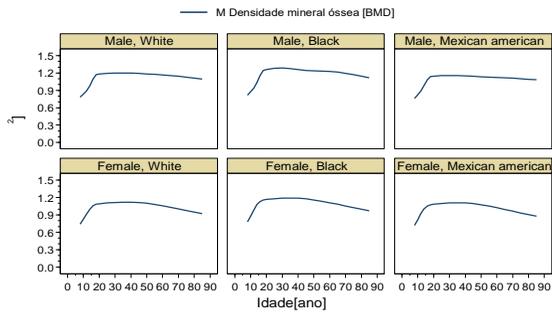
Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB (2009) Dual Energy X-Ray Absorptiometry Body Composition Reference Values from NHANES. PLoS ONE 4(9): e7039

### S das massas magra e gorda



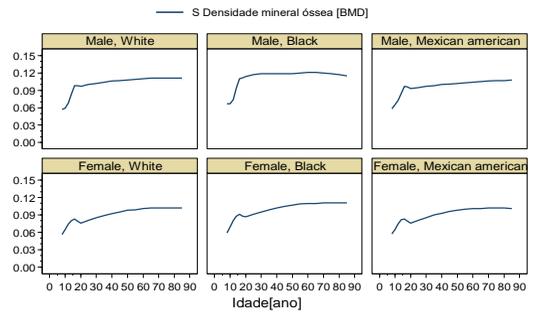
Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB (2009) Dual Energy X-Ray Absorptiometry Body Composition Reference Values from NHANES. PLoS ONE 4(9): e7039

## M da densidade mineral óssea



Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB (2009) Dual Energy X-Ray Absorptiometry Body Composition Reference Values from NHANES. PLoS ONE 4(9): e7038

## S da densidade mineral óssea



Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB (2009) Dual Energy X-Ray Absorptiometry Body Composition Reference Values from NHANES. PLoS ONE 4(9): e7038

**O que a análise das relações entre diferentes compartimentos ou medidas da composição corporal pode nos informar?**

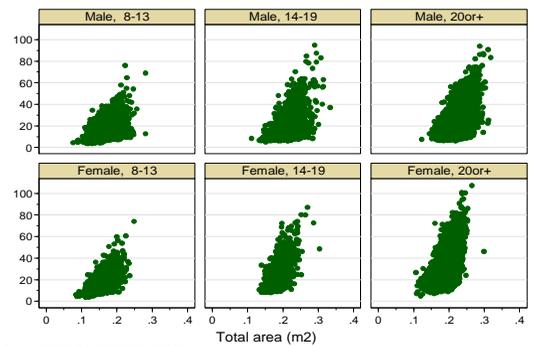
## Relação entre os diferentes compartimentos corporais

**Compreender e analisar as relações entre os componentes corporais**      **Embasar a seleção de métodos e indicadores da composição corporal**      **Analisar a validade dos métodos de avaliação da composição corporal**

*Servir de referência para a análise da validade, da exatidão e da precisão dos estimadores do estado nutricional baseados em modelos de composição corporal ou medidas físicas mais simples como BIA ou antropometria, por exemplo*

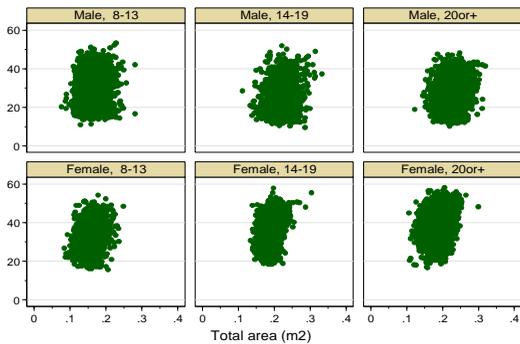
**O que podemos observar nas relações entre gordura, %gordura ou BMD e a área corporal?**

## Relação gordura vs área



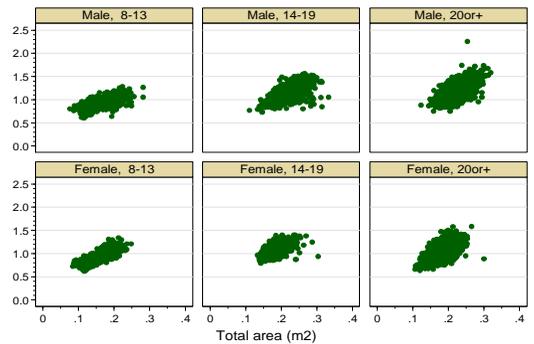
Source: NHANES 1999-2006 [USA]

### Relação %gordura vs área



Source:NHANES 1999-2006 [USA]

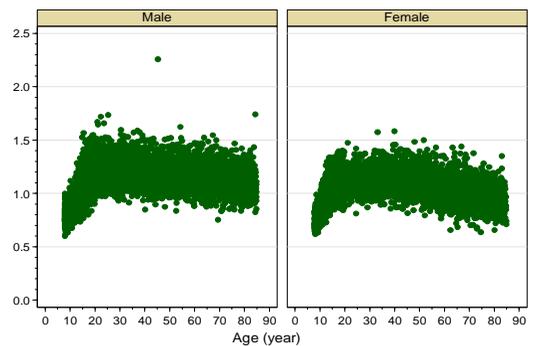
### Relação BMD vs área



Source:NHANES 1999-2006 [USA]

**O que podemos observar na distribuição da BMD segundo a idade?**

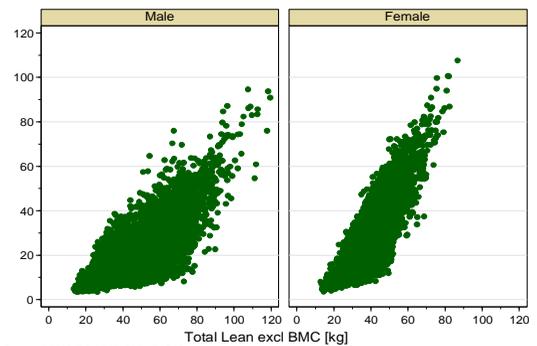
### Relação BMD vs idade



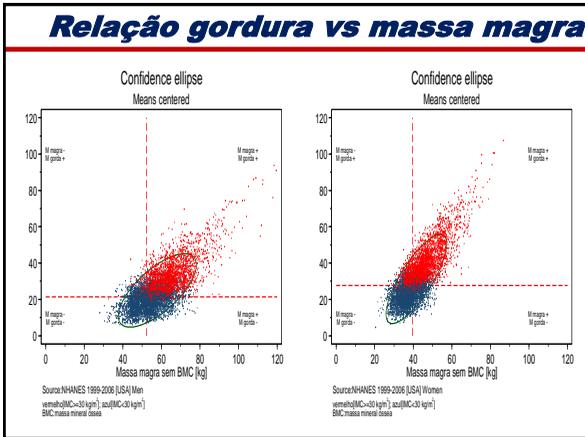
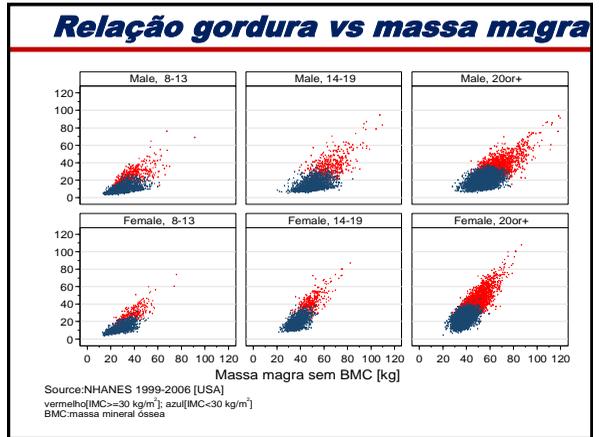
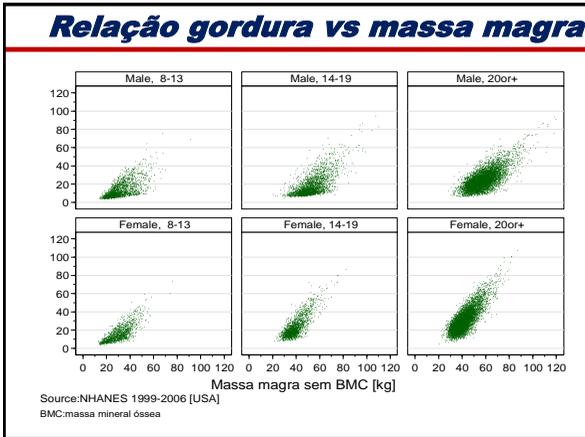
Source:NHANES 1999-2006 [USA]

**A relação entre gordura e massa corporal**

### Relação gordura vs massa magra



Source:NHANES 1999-2006 [USA]



### Uma bobagem quando é dita muitas vezes...

**ÍNDICE DE MASSA CORPORAL (IMC)**

$IMC = \text{Peso (kg)} / \text{Altura}^2 (\text{m}^2)$

O IMC é pobre na predição da %MG, e por vezes classifica os indivíduos como obesos devido ao facto dos indivíduos terem mais peso causado por uma massa muscular ou massa óssea acima da média.

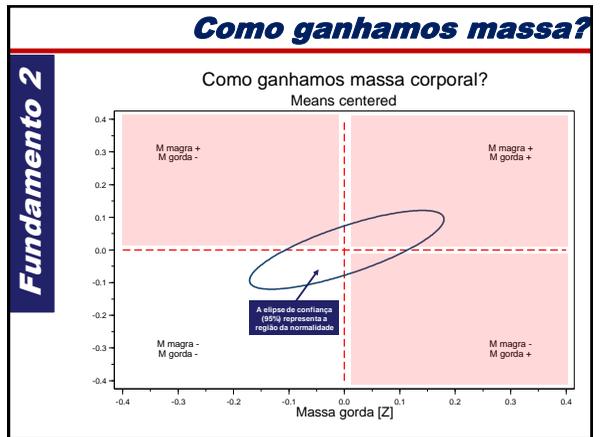
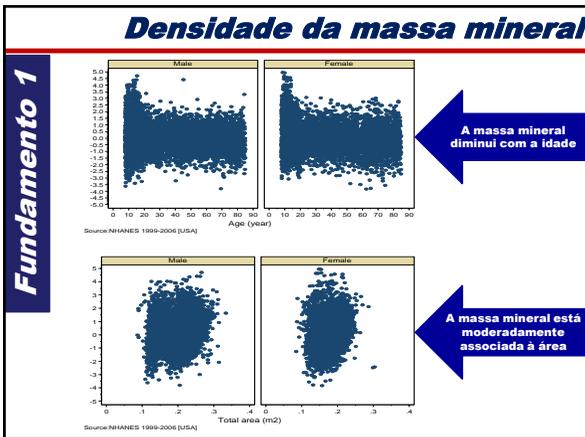
Em crianças e idosos, que têm mudanças na massa muscular e massa óssea, a utilização do IMC é enganosa.

Apesar do IMC poder ser utilizado, quando nenhum outro é possível, os resultados devem ser interpretados com cautela.

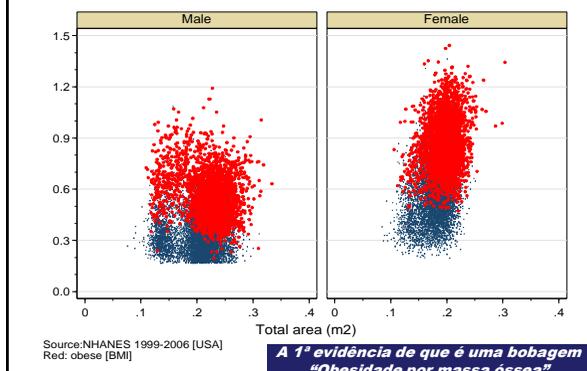
**IB<sub>IMC</sub> [índice de bobagens sobre o IMC]**

*Quantas bobagens por cm<sup>2</sup> foram ditas no slide transcrito acima?*

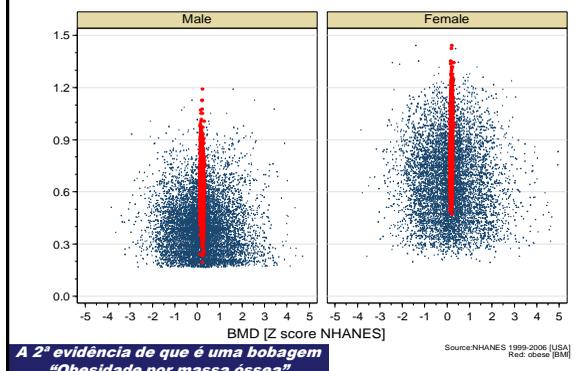
Nos dá a chance de criar uma estatística daquela bobagem que se repete...  
Que tal um índice?!



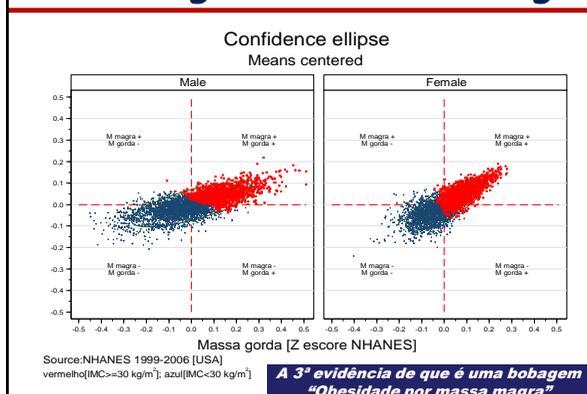
## Razão gordura/massa magra



## Razão m gorda/m magra vs massa mineral



## Massa gordura vs massa magra



Os métodos usuais

## Os métodos usuais

**Mais usados na clínica ou trabalhos de campo:**

- 1) mais práticos, ágeis e baratos;
- 2) requerem o uso de constantes, fórmulas e demandam validação;
- 3) a relação com a gordura corporal

## Síntese das técnicas

Método	O que mede?	Mede gordura corporal diretamente?	Propriedade ou componente?
<b>Modelos e técnicas de dois componentes</b>			
Pesagem hidrostática	Densidade corporal total	Não	Propriedade
Hidrometria	Água corporal total (estimativa da massa magra)	Não	Propriedade
Pleustimografia	Volume de ar	Não	Propriedade
DXA	Massa óssea e massa magra	Não	Propriedade
<b>Técnicas preditivas</b>			
BIA	Água corporal total	Não	Componente
Dobras cutâneas	Gordura	Sim	Componente

## AULA II

### Os principais pontos da aula (I)

a) *Tipologia dos estudos sobre composição corporal:*

*Propriedades, componentes e usos de equações ou constantes*

b) *Os métodos de referências para descrever a composição corporal:*

*Pesagem hidrostática;*

*Pletismografia por deslocamento de ar;*

*Hidrometria;*

*DXA.*

### Os principais pontos da aula (II)

c) *A associação da gordura corporal com a massa corporal:*

*As estimativas da porcentagem de gordura;*

*A associação com o IMC.*

d) *A consolidação dos modelos para composição corporal:*

*Os modelos de 2 ou 3 componentes;*

*A quantidade de gordura como foco das estimativas em vários ciclos vitais.*