

Artigo de Revisão

EQUAÇÕES NACIONAIS PARA A ESTIMATIVA DA GORDURA CORPORAL DE BRASILEIROS

Marcelo Salem^{1,2}, Cândido Simões Pires Neto³, William Weissmann²

1 - Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército - Rio de Janeiro - RJ - Brasil.

2 - Escola Nacional de Saúde Pública/FIOCRUZ - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

3 - Universidade Tuiuti do Paraná - Curitiba - PR - Brasil.

Resumo

A estimativa e o cálculo da gordura corporal podem ser realizados por vários métodos laboratoriais (diretos ou indiretos) e/ou de campo (indiretos). O único e mais preciso método direto para se quantificar a gordura corporal é a dissecação cadavérica. Apesar da disponibilidade de uma variedade de métodos, indiretos, bem precisos e modernos, seus usos não são recomendados para avaliar um grande número de pessoas, já que utilizam equipamentos caros, gastam um tempo considerável e necessitam de profissionais altamente qualificados (Norton e Olds, 1996). A busca de técnicas mais fáceis e bem mais econômicas fez com que vários profissionais, no Brasil e no exterior, procurassem uma solução prática e menos dispendiosa nos métodos antropométricos, que preconizam as medidas das dobras cutâneas, dos perímetros musculares e dos diâmetros ósseos, realizados fora dos laboratórios. Apesar da disponibilidade de centenas de modelos matemáticos, o uso de equações não deve ser indiscriminado,

pois, a não ser que sejam validadas para grupos de sujeitos com diferentes características, só devem ser utilizadas em grupos para os quais foram desenvolvidas e validadas (Salem, 2004). Portanto, com o intuito de divulgar amplamente os trabalhos nacionais que desenvolveram e validaram equações nacionais para o fracionamento da composição corporal, este estudo teve por objetivo apresentar as principais equações, genéricas e específicas, para a estimativa da densidade e/ou gordura corporal, a partir de medidas antropométricas, desenvolvidas e validadas por autores brasileiros, bem como a metodologia e instrumental utilizados. Considerando somente os estudos envolvendo variáveis antropométricas, as equações desenvolvidas foram as de Dartagnan Pinto Guedes (1985), Edio Luiz Petroski (1995), Anatole Barreto Rodrigues de Carvalho (1998), Ciro Romélio Rodriguez Añez (1999), Renato Shoei Yonamine (2000), Marcelo Salem (2003 e 2006).

Palavras-chave: Composição Corporal, Equações Nacionais, Gordura Corporal.

Revised Article

NATIONAL EQUATIONS FOR ESTIMATION OF BRAZILIAN BODY FAT

Abstract

The estimation and the calculus of body fat can be realized through several laboratorial methods (direct or indirect) and/or field methods (indirect).

Recebido em 02.08.2006. Aceito em 25.11.2006.

The only and most precise direct method to quantify body fat is dissecting a cadaver. In spite of having a variety of precise and modern indirect methods, they are recommended to evaluate a great number of people because it is necessary to use expensive equipments, a big amount of time is required, and highly-qualified professionals are needed (Norton and Olds, 1996). The searches for easier and more economic techniques made a lot of professionals, in Brazil and abroad, look for a practical and less expensive solution in the anthropometric methods, which commends the measurements of skin folds,

muscular perimeters, and bone diameters, realized outside the laboratories. Despite having hundreds of mathematic methods, the use of equations cannot be indiscriminately, unless they are validated to a group of individuals with different characteristics, otherwise they can only be used for groups to whom they were developed and validated (Salem, 2004). Therefore, in order to acknowledge the national researches that developed and validated national equations to the fractioning of the body composition, this study focused on presenting the main generic and specific equations, to the estimation of density and/or body fat, from

anthropometric measurements, developed and validated by Brazilian authors, as well as the methodologies and instruments used. Taking into account only the studies involving anthropometric variables, the developed equations were the ones of Dartagnan Pinto Guedes (1985), Edio Luiz Petroski (1995), Anatole Barreto Rodrigues de Carvalho (1998), Cirio Romelio Rodriguez Aez (1999), Renato Shoei Yonamine (2000), Marcelo Salem (2003 and 2006).

Key words: Body Composition, National Equations, Body Fat.

INTRODUÇÃO

O interesse pelo fracionamento e pelo cálculo dos componentes corporais surgiu na década de 40, quando o Dr. Albert Behnke, médico da marinha americana, considerado a maior autoridade em composição corporal, realizou um trabalho de medidas corporais, visando fracionar a composição corporal, tendo realizado medidas de estatura, forma e estrutura de 25 jogadores profissionais de futebol americano. Este estudo comprovou que 11 dos 17 jogadores considerados obesos pela tabela de peso e altura, utilizada na época como padrão de medida da composição corporal, possuíam a gordura corporal relativamente baixa e que este “excesso de peso”, em realidade, era devido ao desenvolvimento da massa muscular (Katch e McArdle, 1996).

Após os estudos de Behnke, vários autores passaram a ter interesse em fracionar a composição corporal, visando obter informações detalhadas e importantes sobre as dimensões do corpo humano, já que o tipo corporal fornece muito mais informações do que simplesmente proporções corporais.

Segundo Heyward e Stolarczyk (1996), além de avaliar a quantidade total e regional de gordura corporal para identificar riscos à saúde, são várias as aplicações da composição corporal, a seguir:

- Identificar riscos à saúde, associados a níveis excessivamente altos e baixos de gordura corporal total;
- Identificar riscos à saúde, associados ao acúmulo excessivo de gordura intra-abdominal;
- Proporcionar entendimento sobre os riscos à saúde, associados à falta ou ao excesso de gordura corporal;
- Monitorar mudanças na composição corporal, associadas a certas doenças;
- Avaliar a eficiência de intervenções nutricionais e de exercícios físicos na alteração da composição corporal;
- Estimar o peso corporal ideal de atletas e não-atletas;
- Formular recomendações dietéticas e prescrições de exercícios físicos; e
- Monitorar mudanças na composição corporal, associadas ao crescimento, desenvolvimento, maturação e idade.

Buscando informações mais detalhadas, vários estudos foram realizados para fracionar a

composição corporal, em vários compartimentos, sendo o modelo de divisão da Massa Corporal Total (MCT) mais comum o de dois compartimentos, ou seja, a MCT dividida em Massa Gorda (MG) e Massa Livre de Gordura (MLG), sendo a MG a soma de todos os lipídios corporais e a MLG a soma da água, das proteínas e dos componentes minerais do corpo (Heyward e Stolarczyk, 1996).

A estimativa e o cálculo da gordura corporal podem ser realizados por vários métodos laboratoriais (diretos ou indiretos) e/ou de campo (indiretos). O único e mais preciso método direto para se quantificar a gordura corporal é a dissecação cadavérica.

Norton e Olds (1996) colocam que alguns métodos de laboratório bastante sofisticados são utilizados, hoje em dia, para estimar a gordura corporal, dentre eles o da condutividade elétrica total do corpo (Malina, 1987), o ultrassônico (Katch, 1983) e o do *scanner* com raios infravermelhos (McLean e Skinner, 1992).

Além dos métodos acima citados, podemos encontrar, também a absorptometria radiológica de dupla energia (DEXA), a bioimpedância elétrica, a densitometria, a pletismografia, a hidrometria, a espectrometria, a ultra sonografia, a tomografia computadorizada, a ressonância magnética, a ativação de nêutrons, a interatância de raios infravermelhos, a antropometria, a excreção de creatinina, a creatinina sérica, a absorção fotônica, a radiografia e a 3-metil-histidina urinária (Pollock e Wilmore, 1993).

Apesar da disponibilidade de uma variedade de métodos bem precisos e modernos, seus usos não são recomendados para avaliar um grande número de pessoas, já que utilizam equipamentos caros, gastam um tempo considerável e necessitam de profissionais altamente qualificados (Norton e Olds, 1996).

A busca de técnicas mais fáceis e bem mais econômicas fez com que vários profissionais procurassem uma solução prática e menos dispendiosa nos métodos antropométricos, que preconizam as medidas das dobras cutâneas, dos perímetros musculares e dos diâmetros ósseos, realizados fora dos laboratórios.

O cálculo da gordura corporal, a partir de medidas antropométricas, é realizado desenvolvendo-se e validando-se equações de regressão para esse fim.

De acordo com Norton e Olds (1996), a maioria das equações de predição foi desenvolvida usando métodos de laboratório como a densimetria hidrostática, ou seja, a medição da Densidade Corporal (D) utilizando-se a pesagem hidrostática.

Segundo Lohman (1992), muitos peritos consideram a medida da densidade corporal como o procedimento padrão para a avaliação da composição corporal.

Não só no Brasil, mas em todo o mundo, várias equações têm sido desenvolvidas com o objetivo de quantificar a gordura corporal e, a partir daí, relacioná-la com doenças e com o risco coronariano.

Apesar da disponibilidade de centenas de modelos matemáticos, o uso de equações não deve ser indiscriminado, pois, a não ser que sejam validadas para grupos de sujeitos com diferentes características, só devem ser utilizadas em grupos para os quais foram desenvolvidas e validadas (Salem, 2004).

Portanto, com o intuito de divulgar amplamente os trabalhos que desenvolveram e validaram equações nacionais para o fracionamento da composição corporal, este estudo teve por objetivo apresentar as principais equações, genéricas e específicas, para a estimativa da densidade e/ou gordura corporal, a partir de medidas antropométricas, desenvolvidas e validadas por autores brasileiros, bem como a metodologia e instrumental utilizados.

EQUAÇÕES NACIONAIS

Dartagnan Pinto Guedes (1985)

O primeiro pesquisador brasileiro a desenvolver e validar equações nacionais para a estimativa da Densidade Corporal a partir de medidas antropométricas foi Dartagnan Pinto Guedes, em 1985.

Seu estudo foi realizado na Universidade Federal de Santa Maria, onde foram avaliados 206 universitários, sendo 110 homens, com idades entre 17 e 27 anos, e 96 mulheres, com idades entre 17 e 29 anos.

Para a determinação da Densidade Corporal (DC), Guedes (1985) utilizou uma piscina de 23x12 m, com profundidade de 1,4 m e temperatura constante de 27° a 29° C. Para a realização da Pesagem Hidrostática (PH), construiu-se uma caixa com dimensões de 1,50 x 1,50 m, onde evitou-se que a movimentação da água afetasse os valores do peso submerso.

Os avaliados foram pesados em uma cadeira construída em ferro galvanizado, com dimensões de 0,40 x 0,50 m, para que estes pudessem se acomodar no momento do mergulho.

A balança utilizada para tomada do peso submerso foi de fabricação italiana, de marca SUPREMA MOD RS, com precisão de 5 g.

Para o desenvolvimento das equações, o autor utilizou como variável dependente a DC e, como variáveis independentes, oito dobras cutâneas.

As equações desenvolvidas por Guedes para os universitários são apresentadas nas TABELAS 1 e 2, a seguir:

TABELA 1
EQUAÇÕES DESENVOLVIDAS POR GUEDES
(1985) PARA UNIVERSITÁRIOS (n=110).

EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	R	EPE
$D = 1,13060 - 0,05437 \text{ Log}_{10}(X1)$	0,864	0,0064
$D = 1,15929 - 0,06550 \text{ Log}_{10}(X2)$	0,880	0,0061
$D = 1,17136 - 0,06706 \text{ Log}_{10}(X3)$	0,894	0,0057
$D = 1,18282 - 0,07030 \text{ Log}_{10}(X4)$	0,894	0,0057
$D = 1,20436 - 0,07848 \text{ Log}_{10}(X5)$	0,894	0,0057
$D = 1,21546 - 0,08119 \text{ Log}_{10}(X6)$	0,899	0,0056
$D = 1,22098 - 0,08214 \text{ Log}_{10}(X7)$	0,904	0,0055
$D = 1,22627 - 0,08384 \text{ Log}_{10}(X8)$	0,901	0,0055

Onde: X = dobras cutâneas; X1 = AB; X2 = AB + TR; X3 = AB + TR + SI; X4 = AB + TR + SI + AM; X5 = AB + TR + SI + AM + SE; X6 = AB + TR + SI + AM + SE + CX; X7 = AB + TR + SI + AM + SE + CX + PM; X8 = AB + TR + SI + AM + SE + CX + PM + BI. EPE = erro padrão de estimativa e R = coeficiente de correlação múltipla.

TABELA 2
EQUAÇÕES DESENVOLVIDAS POR GUEDES
(1985) PARA UNIVERSITÁRIAS (n=96).

EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	R	EPE
$D = 1,12922 - 0,06601 \text{ Log}_{10}(X1)$	0,751	0,0067
$D = 1,14812 - 0,06401 \text{ Log}_{10}(X2)$	0,831	0,0056
$D = 1,16650 - 0,07063 \text{ Log}_{10}(X3)$	0,853	0,0053
$D = 1,18452 - 0,07508 \text{ Log}_{10}(X4)$	0,859	0,0052
$D = 1,18588 - 0,07417 \text{ Log}_{10}(X5)$	0,860	0,0052
$D = 1,19665 - 0,07634 \text{ Log}_{10}(X6)$	0,856	0,0052
$D = 1,19748 - 0,07419 \text{ Log}_{10}(X7)$	0,857	0,0052
$D = 1,19863 - 0,07343 \text{ Log}_{10}(X8)$	0,856	0,0052

Onde: X = dobras cutâneas; X1 = TR; X2 = SI + CX; X3 = SI + CX + SE; X4 = SI + CX + SE + TR; X5 = SI + CX + SE + TR + BI; X6 = SI + CX + SE + TR + BI + PM; X7 = SI + CX + SE + TR + BI + PM + AB; X8 = AB + TR + SI + AM + SE + CX + PM + BI. EPE = erro padrão da estimativa e R = coeficiente de correlação múltipla.

Como dito anteriormente, estas equações foram desenvolvidas para universitários brasileiros com idade entre 17 a 29 anos, devendo as mesmas serem validadas caso sejam utilizadas para outros sujeitos.

O procedimento de validação de uma equação para sujeitos que não participaram de sua construção deve seguir as recomendações de Lohman (1992), Petroski e Pires Neto (1995) apresentadas a seguir:

1. Realizar a Pesagem Hidrostática de uma amostra significativa dos sujeitos para os quais o estudo é destinado.

2. Realizar as medidas antropométricas, seguindo as recomendações do autor da equação.

3. Calcular a DC ou %G (variável dependente) de acordo com a equação que se deseja validar.

4. Testar a correlação de Pearson entre o valor da DC/%G medidos pela PH e a DC/%G estimados pela equação em questão ($p \leq 0,05$). Esta correlação deve alcançar valores próximos ou superiores a 0,80.

5. Testar estatisticamente a diferença entre as médias dos valores da DC/%G estimada pela PH e a medida pela equação ($p \leq 0,05$). Este teste t pareado não pode apresentar diferenças estatisticamente significativas.

6. Calcular o erro constante (EC), ou seja: EC (erro constante) = MÉDIA ((DC/%G PH) - (DC/%G Equação)), diferença média entre a densidade mensurada (DC/%G medida PH) e estimada (DC/%G usando a equação).

7. Calcular o erro técnico (ET), ou seja:
 ET (erro técnico) = $\sqrt{\sum(Y1 - Y2)^2 / n}$ onde: Y1 é a DC/%G estimada pela equação e Y2 é a DC/%G medida pela PH.

8. Comparar os erros calculados com o EPE, devendo estes serem inferiores ao EPE fornecido pelo autor.

Este procedimento pode, também, ser realizado com equações estrangeiras, como publicado por vários autores nacionais, entre eles Pires Neto (1995 a 2006), Guedes (1985), Petroski (1995), Glaner (1997), Carvalho (1998), Rodriguez-Añez (1999) e Yonamine (2000).

Edio Luiz Petroski (1995)

Outro autor a desenvolver equações nacionais foi Edio Luiz Petroski, em 1995, orientado pelo Prof Dr Cândido Simões Pires Neto, sendo o primeiro estudioso a desenvolver equações generalizadas no Brasil.

Cabe, neste momento, diferenciar equações específicas e generalizadas:

- Equações específicas - são equações desenvolvidas a partir de populações específicas, como, por exemplo, as equações desenvolvidas para universitários, com idade entre 17 e 27 de Guedes (1985).

- Equações generalizadas - são desenvolvidas utilizando grandes amostras heterogêneas em idade, em composição corporal e em aptidão física. As equações generalizadas, geralmente, usam o modelo

de regressão curvilinear e a idade como variável independente. A principal vantagem é que uma equação generalizada pode ser aplicada para diversas populações, sem perder a sua acuracidade (Petroski e Pires Neto, 1996).

Petroski realizou seu estudo na Universidade Federal de Santa Maria, como tese de doutorado, tendo estudado uma população composta por adultos de ambos os sexos ($n=672$), na faixa etária entre 18 e 66 anos, das regiões central do RS e litorânea de SC.

Os sujeitos foram divididos em dois grupos: o grupo de regressão (GR = 213 mulheres e 304 homens), para o desenvolvimento das equações, e o grupo de validação (GV = 68 mulheres e 87 homens), para validar as equações desenvolvidas.

Para a PH foi desenvolvida uma caixa pintada de branco, de formato quadrado 1,30 X 1,30 m, com 1,40 m de altura, sem fundo, construída em madeira com 2,5 cm de espessura.

Para aferição do peso submerso foi utilizada uma balança Filizola, com capacidade para 6 kg e com divisão de 5 g,

Para a sustentação dos avaliados foi utilizado um trapézio tubular, em PVC, cano 40, com dimensão de 50 cm.

Um cinto de mergulhador, com 1,8 kg, foi colocado em volta da cintura dos avaliados, buscando manter a estabilidade corporal durante o mergulho, tendo o peso desse cinto sido subtraído ao final das pesagens.

Não foi utilizada a posição sentada para os avaliados, e, sim, a posição grupada, por ser mais confortável para os avaliados (Petroski e Pires Neto, 1996).

Como variável dependente nas equações, Petroski utilizou a DC e, como variáveis independentes, usou as dobras cutâneas, os perímetros musculares e os diâmetros ósseos.

As equações desenvolvidas pelos autores para homens e mulheres são apresentadas a seguir nas TABELAS 3 e 4.

TABELA 3
 EQUAÇÕES GENERALIZADAS DESENVOLVIDAS PARA HOMENS DE 18 A 66 ANOS.

Eq.	Variáveis	Regressão	R	R ²	EPE
<u>Nove Dobras Cutâneas</u>					
M1	DC ² , ID	$D = 1,10194032 - 0,00031836(X_9) + 0,00000029(X_9)^2 - 0,00029542(ID).$	0,887	0,786	0,0072
M2	DC ² , ID, C	$D = 1,08516305 - 0,00028465(X_9) + 0,00000026(X_9)^2 - 0,00021018(ID) + 0,00173856(CAT) - 0,00043254(CAB).$	0,894	0,800	0,0070
<u>Sete Dobras Cutâneas</u>					
M3	DC ² , ID	$D = 1,10038145 - 0,00035804(X_7) + 0,00000036(X_7)^2 - 0,00025154(ID).$	0,880	0,780	0,0073
M4	DC ² , ID, C	$D = 1,08566598 - 0,00032750(X_7) + 0,00000036(X_7)^2 - 0,00017521(ID) + 0,00161816(CAT) - 0,00041043(CAB).$	0,892	0,795	0,0071
<u>Seis Dobras Cutâneas</u>					
M5	DC ² , ID	$D = 1,09995680 - 0,00055475(X_6) + 0,00000107(X_6)^2 - 0,00023367(ID).$	0,881	0,776	0,0074
M6	DC ² , ID, C	$D = 1,08555470 - 0,00050212(X_6) + 0,00000104(X_6)^2 - 0,00015217(ID) + 0,00169842(CAT) - 0,00044620(CAB).$	0,889	0,790	0,0071
<u>Quatro Dobras Cutâneas</u>					
M7	DC ² , ID	$D = 1,10726863 - 0,00081201(X_4) + 0,00000212(X_4)^2 - 0,00041761(ID).$	0,875	0,765	0,0075

Continuação da TABELA 3

M8	DC ² , ID, C	$D = 1,09255357 - 0,00067980(X_4) + 0,00000182(X_4)^2 - 0,00027287(ID) + 0,00204435(CAT) - 0,00060405(CAB).$	0,889	0,791	0,0071
M9	DC ² , ID	$D = 1,10539106 - 0,00089839(Z_4) + 0,00000278(Z_4)^2 - 0,00035250(ID).$	0,874	0,764	0,0075
M10	DC ² , ID, C	$D = 1,09158117 - 0,00077719(Z_4) + 0,00000257(Z_4)^2 - 0,00022634(ID) + 0,00195027(CAT) - 0,00057011(CAB).$	0,887	0,786	0,0072
			<u>Três Dobras Cutâneas</u>		
M11	DC ² , ID	$D = 1,10491700 - 0,00099061(X_3) + 0,00000327(X_3)^2 - 0,00034527(ID).$	0,871	0,759	0,0076
M12	DC ² , ID, C	$D = 1,09360757 - 0,00086876(X_3) + 0,00000327(X_3)^2 - 0,00021422(ID) + 0,00191721(CAT) - 0,00059091(CAB).$	0,884	0,781	0,0072
M13	DC ² , ID	$D = 1,10404686 - 0,00111938(Z_3) + 0,00000391(Z_3)^2 - 0,00027884(ID).$	0,873	0,763	0,0075
M14	DC ² , ID, C	$D = 1,08974189 - 0,00098446(Z_3) + 0,00000376(Z_3)^2 - 0,00017218(ID) + 0,00191020(CAT) - 0,00054056(CAB).$	0,885	0,783	0,0072
			<u>Duas Dobras Cutâneas</u>		
M15	DC ² , ID	$D = 1,10098229 - 0,00145899(X_2) + 0,00000701(X_2)^2 - 0,00032770(ID).$	0,885	0,784	0,0072
M16	DC ² , ID, C	$D = 1,08843264 - 0,00130623(X_2) + 0,00000710(X_2)^2 - 0,00021414(ID) + 0,00182587(CAT) - 0,00052569(CAB).$	0,896	0,803	0,0070

Onde: DC = dobras cutâneas (mm); ID = idade (anos); CAT = circunferência do antebraço (cm);

CAB = circunferência do abdômen (cm); $X_9 = \sum 9DC$ SE, TR, BI, AM, PT, SI, AB, CX e PM;

$X_7 = \sum 7DC$ SE, TR, PT, AM, SI, AB e CX; $X_6 = \sum 6DC$ SE, TR, BI, PT, AM e SI;

$X_4 = \sum 4DC$, SE, TR, SI e PM; $Z_4 = \sum 4DC$ SE, TR, BI e SI;

$X_3 = \sum 3DC$, SE, TR e SI; $Z_3 = \sum 3DC$ SE, TR e PT; $X_2 = \sum 2DC$ TR e AM.

TABELA 4
EQUAÇÕES GENERALIZADAS DESENVOLVIDAS PARA MULHERES DE 18 a 51 ANOS.

Eq	Variáveis	Regressão	R	R ²	EPE
<u>Nove dobras cutâneas</u>					
F1	DC ² , ID, MC, ES	D = 1,03987298 - 0,00031853(X ₉) + 0,00000047(X ₉) ² - 0,00025486(ID) - 0,00047358(MC) + 0,00046897(ES).	0,861	0,742	0,0065
F2	Log ₁₀ DC, ID	D = 1,21630958 - 0,07522765 Log ₁₀ (X ₉) - 0,00032901(ID).	0,834	0,695	0,0070
F3	Log ₁₀ DC, ID, C	D = 1,22219652 - 0,06681170 Log ₁₀ (X ₉) - 0,00035407(ID) - 0,00041834(CCX).	0,840	0,706	0,0069
<u>Sete dobras Cutâneas</u>					
F4	DC ² , ID, MC, ES	D = 1,03992377 - 0,00036083(X ₇) + 0,00000058(X ₇) ² - 0,00027099(ID) - 0,00046621(MC) + 0,00047136(ES).	0,863	0,744	0,0064
F5	Log ₁₀ DC, ID	D = 1,20670046 - 0,07395778 Log ₁₀ (Y ₇) - 0,0003086(ID).	0,827	0,684	0,0072
F6	Log ₁₀ DC, ID, C	D = 1,21527404 - 0,06432107 Log ₁₀ (Y ₇) - 0,00033650(ID) - 0,00049553(CCX).	0,836	0,699	0,0070
<u>Cinco dobras cutâneas</u>					
F7	DC ² , ID, MC, ES	D = 1,03091919 - 0,00048584(X ₅) + 0,00000131(X ₅) ² - 0,00026016(ID) - 0,00056484(MC) + 0,00053716(ES).	0,854	0,729	0,0066
F8	Log ₁₀ DC, ID, C	D = 1,20263859 - 0,05941591 Log ₁₀ (X ₅) - 0,00037947(ID) - 0,00058310(CCX).	0,830	0,688	0,0071
<u>Quatro dobras cutâneas</u>					
F9	DC ² , ID, MC, ES	D = 1,02902361 - 0,00067159(X ₄) + 0,00000242(X ₄) ² - 0,00026073(ID) - 0,00056009(MC) + 0,00054649(ES).	0,848	0,719	0,0068
F10	DC ² , ID, MC, ES	D = 1,03465850 - 0,00063129(Y ₄) + 0,00000187(Y ₄) ² - 0,00031165(ID) - 0,00048890(MC) + 0,00051345(ES).	0,864	0,746	0,0064

Continuação da TABELA 4

F11	Log_{10} DC, ID	$D = 1,19547130 - 0,07513507 \text{Log}_{10}(Y_4) - 0,00041072(\text{ID}).$	0,829	0,688	0,0071
F12	Log_{10} DC, ID,C	$D = 1,19762048 - 0,06503676 \text{Log}_{10}(Y_4) - 0,00032730(\text{ID}) - 0,00033622(\text{CAB}).$	0,839	0,704	0,0069
				<u>Três dobras cutâneas</u>	
F13	DC^2 , ID, MC, ES	$D = 1,04127059 - 0,00087756(X_3) + 0,00000380(X_3)^2 - 0,00025821(\text{ID}) - 0,00059076(\text{MC}) + 0,00051050(\text{ES}).$	0,862	0,743	0,0065
F14	DC^2 , ID, MC, ES	$D = 1,04279001 - 0,00086587(Y_3) + 0,00000378(Y_3)^2 - 0,00028831(\text{ID}) - 0,00053501(\text{MC}) + 0,00047533(\text{ES}).$	0,862	0,743	0,0065
F15	Log_{10} DC, ID	$D = 1,18187115 - 0,07320426 \text{Log}_{10}(Y_3) - 0,00037317(\text{ID}).$	0,832	0,693	0,0071
F16	Log_{10} DC, ID,C	$D = 1,18483723 - 0,06461929 \text{Log}_{10}(Y_3) - 0,00030703(\text{ID}) - 0,00028509(\text{CAB}).$	0,838	0,703	0,0069

DC = dobra cutânea (mm); $X_9 = \sum 9\text{DC}$, SE, TR, BI, PT, AM, SI, AB, CX e PM;

$X_7 = \sum 7\text{DC}$, SE, TR, AM, SI, AB, CX e PM; $Y_7 = \sum 7\text{DC}$, SE, TR, AM, PT, SI, AB e CX;

$X_5 = \sum 5\text{DC}$, SE, TR, SI, AB e PM; $X_4 = \sum 4\text{DC}$, SE, TR, SI e PM;

$Y_4 = \sum 4\text{DC}$, AM, SI, CX e PM; $X_3 = \sum 3\text{DC}$, SE, SI e CX; $Y_3 = \sum 3\text{DC}$, AM, SI e CX;

Anatole Barreto Rodrigues de Carvalho (1998)

Carvalho desenvolveu seu trabalho, orientado pelo Prof Dr Cândido Simões Pires Neto, com universitários (n=66 homens e n=58 mulheres) estudantes de Medicina, Odontologia, Enfermagem, Engenharia, Jornalismo e Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Universidade Católica de Pernambuco e militares do Núcleo de Preparação de Oficiais da Reserva (NPOR) de Santa Maria - RS.

A metodologia foi praticamente a mesma dos autores anteriormente citados, com apenas uma diferença significativa: o autor utilizou, como variável dependente, a Massa Corporal Magra (MCM) e, como variáveis independentes, além de dobras cutâneas e perímetros musculares, a Impedância Bioelétrica (Tetrapolar Biodynamics modelo 310).

A MCM foi calculada transformando-se a DC em % de gordura por meio da equação de Siri (1961), isto é, $\% G = (495/\text{DC}) - 450$.

A Massa Gorda (MG) foi calculada pela seguinte equação: $MG = MCT (\%G/100)$.

A MCM foi calculada subtraindo-se da MCT a MG: $MCM = MCT - MG$.

As equações desenvolvidas são mostradas na TABELAS 5 e 6, a seguir:

TABELA 5
EQUAÇÕES DESENVOLVIDAS PARA HOMENS
DE 18 a 30 ANOS.

EQUAÇÃO	R	R ²	EPE
$MCM = 17,95347 + 0,21414 (Eres) - 0,06145 (Rc) + 0,48890 (MC)$	0,942	0,887	2,44
$MCM = 11,91759 + 0,24610 (Eres) + 0,48744 (MC)$	0,940	0,884	2,46
$MCM = 14,33274 - 0,02696 (R) + 0,17736 (EST) + 0,49396 (MC) - 0,07675 (Rc)$	0,943	0,889	2,42
$MCM = 10,97556 - 0,03187 (Pabd) + 0,17576 (EST) + 0,50702 (MC)$	0,941	0,885	2,46
$MCM = 46,58914 - 0,37804 (Pabd) - 0,02045 (R) + 0,84030 (MC) - 0,16679 (ID)$	0,948	0,899	2,42

Onde: R = resistência, Rc = reatância, EST = estatura, Eres = EST^2/R , MC= massa corporal (Kg), ID = idade, Pabd = perímetro do abdômen.

TABELA 6
EQUAÇÕES DESENVOLVIDAS PARA MULHERES
DE 18 a 28 ANOS.

EQUAÇÃO	R	R ²	EPE
$MCM = 0,39493 (Eres) + 0,33101 (MC) + 0,17800 (EST) - 20,44659$	0,924	0,854	1,62
$MCM = 0,03211 (Rc) + 0,33031 (MC) + 0,38330 (EST) - 0,03159 (R) - 19,60829$	0,926	0,858	1,60
$MCM = 0,33268 (MC) + 0,38045 (EST) - 0,02810 (R) - 19,08062$	0,925	0,855	1,61
$MCM = 0,03922 (Rc) + 0,45921 (Eres) + 0,32653 (MC) + 0,14979 (EST) - 21,25400$	0,926	0,858	1,70
$MCM = 0,34680 (Eres) + 0,25025 (MC) + 0,23026 (EST) + 0,34234 (Ppan) - 34,03626$	0,927	0,859	1,59

Onde: R = resistência, Rc = reatância, EST = estatura, Eres = EST^2/R , MC= massa corporal (Kg), Ppan = perímetro da panturrilha.

Ciro Romélio Rodriguez-Añez (1999)

Orientado pelo Prof Dr Cândido Simões Pires Neto, Rodriguez-Añez realizou um estudo com 64 cabos e soldados do Exército Brasileiro, com idades entre 18 e 22 anos, servindo na cidade de Santa Maria - RS.

Os procedimentos metodológicos foram os mesmos descritos pelos outros autores, tendo sido, entretanto, mensuradas 13 dobras cutâneas e nove perímetros musculares como variáveis independentes e, como variável dependente, a MCM.

A MCM foi calculada transformando-se a DC em % de gordura por meio da equação de Siri (1961), isto é, $\% G = (495/DC) - 450$.

A Massa Gorda (MG) foi calculada pela seguinte equação: $MG = MCT (\%G/100)$.

A MCM foi calculada subtraindo-se da MCT a MG: $MCM = MCT - MG$.

As equações específicas desenvolvidas são mostradas na TABELA 7.

TABELA 7
EQUAÇÕES ESPECÍFICAS PARA A ESTIMATIVA
DA DENSIDADE CORPORAL DE CABOS E
SOLDADOS DO EXÉRCITO.

EQUAÇÃO	R	R ²	EPE
$DC = 1,12227 - 0,00249263 (X3) + 0,00004989252 (X2)^2 + 0,001926203 (PPES) - 0,0008869007 (PABD) - 0,000523489 (PCXS)$	0,868	0,749	0,0045
$DC = 1,12432 - 0,00170410 (X3) + 0,00002110497 (X3)^2 + 0,001996741 (PPES) - 0,000928645 (PABD) - 0,000468887 (PCXS)$	0,874	0,765	0,0043
$DC = 1,14293 - 0,000175058 (X6) + 0,00001569687 (X6)^2 + 0,002012604 (PPES) - 0,00101592 (PABD) - 0,000426929 (PCXS)$	0,889	0,790	0,0041
$DC = 1,14981 - 0,00159294 (X7) + 0,00001168942 (X7)^2 + 0,002025870 (PPES) - 0,00104841 (PABD) - 0,000414721 (PCXS)$	0,892	0,797	0,0040
$DC = 1,15101 - 0,00144732 (X10) + 0,000009398513 (X10)^2 + 0,002136568 (PPES) - 0,00106070 (PABD) - 0,000470059 (PCXS)$	0,897	0,805	0,0039
$DC = 1,14673 - 0,00124366 (X11) + 0,000006973939 (X11)^2 + 0,002167078 (PPES) - 0,001103163 (PABD) - 0,000461764 (PCXS)$	0,896	0,804	0,0039
$DC = 1,14908 - 0,00117048 (X14) + 0,000005841855 (X14)^2 + 0,00224425 (PPES) - 0,00102242 (PABD) - 0,000485424 (PCXS)$	0,898	0,806	0,0039
$DC = 1,15141 - 0,00112681 (X16) + 0,000005325475 (X16)^2 - 0,002183359 (PPES) - 0,00103708 (PABD) - 0,000474348 (PCXS)$	0,896	0,804	0,0039
$DC = 1,15592 - 0,001105988 (X17) + 0,000004468730 (X17)^2 + 0,002170514 (PPES) - 0,00105844 (PABD) - 0,000458337 (PCXS)$	0,862	0,796	0,0046

Onde : X2 = dobra cutânea (dc) abdominal horizontal, X3 = \sum dc abdominal vertical (ABDV) + dc supra ilíaca oblíqua (SIO), X6 = \sum dc abdov+ SIO + coxa medial (CXM), X7 = \sum DC ABDV +SIO + CXM + TR(dc tripectral), X10 = \sum DC ABDV +SIO + CXM + TR + PT (dc peitoral), X14 = \sum DC ABDV +SIO + CXM + TR + PT + AXO (dc axilar oblíqua + PAM (dc panturrilha medial), X16 = \sum DC ABDV +SIO + CXM + TR + PT + AXO + PAM + BI (diâmetro biestiloidal), X17 = X16 = \sum DC ABDV +SIO + CXM + TR + PT + AXO + PAM + BI + SE (dobra subescapular), PPES = perímetro do pescoço, PABD = perímetro abdominal e PCXS= perímetro da coxa superior.

Renato Shoei Yonamine (2000)

Este estudo visou desenvolver equações para 93 meninos, entre 12 a 14 anos de idade (n=31 de cada idade).

Também sob a orientação do Prof Dr Cândido Simões Pires Neto, Yonamine usou como variável dependente a MCM e, como variáveis independentes, além da MCT, a estatura e a idade, as dobras cutâneas, os perímetros musculares e a Impedância Bioelétrica (mesmo modelo usado anteriormente por Carvalho, 1998).

Para a transformação da DC em %G utilizou-se a equação de Lohman (1989): % G = 507/DC -464.

As equações desenvolvidas são mostradas, a seguir, na TABELA 8.

TABELA 8
EQUAÇÕES DESENVOLVIDAS PARA
GAROTOS DE 12 a 14 ANOS.

EQUAÇÕES	R	R2	EPE
$MCM = 0,99325 (mc) - 0,56533 (Pcx) + 16,34502$	0,951	0,905	2,152
$MCM = 0,68682 (IR) + 10,93392$	0,905	0,819	2,413
$MCM = 0,1766 (IR) + 0,50517 (mc) + 0,2997 (est) - 10,97801$	0,965	0,932	1,847
$MCM = 0,70837 (mc) - 0,001159 (R) + 14,27037$	0,944	0,890	2,346
$MCM = 0,18048 (IR) - 0,52213 (IMC) + 0,72394 (mc) + 8,67736$	0,964	0,930	1,889

Onde: IR= índice de resistência (est^2/R), est = estatura, R= resistência elétrica corporal (Ω), mc=massa corporal total, IMC= índice de massa corporal (Kg/m^2) e Pcx= perímetro da coxa.

Marcelo Salem (2004)

Ainda sob a orientação do Prof Dr Cândido e José Fernandes Filho, Salem desenvolveu equações específicas para a estimativa da DC de mulheres militares do Exército Brasileiro, utilizando-se unicamente de variáveis antropométricas.

A amostra foi composta por um grupo de 100 mulheres, com idades entre 18 e 45 anos, divididas em grupo de regressão e de validação.

A principal diferença entre este e outros estudos utilizando-se a PH, é que, neste caso, foi construído um tanque exclusivamente para a realização do peso submerso.

Várias características diferenciam este tanque, como por exemplo: seu aquecimento e sua filtragem são automáticos; o peso não é aferido

através de uma balança, e sim, com uma célula de carga, desenvolvida pela FILIZOLA, com mostrador digital de várias velocidades de leitura e precisão de 5 a 50g entre outras características (Salem, Monteiro, Fernandes Filho e Pires Neto, 2003).

A idade, a estatura, a MCT, as dobras cutâneas, os perímetros musculares e os diâmetros ósseos foram usados como variáveis independentes na equação e a DC, como variável dependente.

As equações desenvolvidas são mostradas na TABELA 9.

TABELA 9
EQUAÇÕES ESPECÍFICAS PARA A ESTIMATIVA
DA DC EM MULHERES MILITARES.

D (g/ml)	EQUAÇÕES	R	EPE
	$D = 1,0 - 0,000748 (BIC+TRI) + 0,002538 (ANTE) + 0,0007667 (TORAX) - 0,00000995 (CINT)^2$	0,798	0,00542
	$D = 1,058 - 0,000763(BIC+TRI) + 0,002948(ANTE) - 0,000836 (CINT)$	0,780	0,00593
	$D = 1,022 - 0,000676 (BIC+TRI) + 0,000005533(TORAX)^2 - 0,0000104 (CINT)^2 + 0,00004012 (ANTE)^2 + 0,008641 (DBI)$	0,822	0,00516
	$D = 1,03 - 0,0007 (BIC+TRI) - 0,00000603 (CINT)^2 + 0,00005083 (ANTE)^2 + 0,007819 (DBI)$	0,802	0,00537
	$D = 1,045 + 0,002079(PESC) - 0,00112(CINT) - 0,000736(PCOXA) + 0,01142(DBI)$	0,710	0,00633
	$D = 1,058 + 0,002142 (PESC) + 0,00004764(ANTE)^2 - 0,0011 (PCOXA) - 0,00000885(CINT)^2$	0,689	0,00652
	$D = 1,040 - 0,000611(BIC+TRI) - 0,000269(CINT+PABDO) + 0,01303 (DBI)$	0,784	0,00555
	$D = 1,095 - 0,000676(BIC+TRI) - 0,000198 (CINT+PABDO)$	0,720	0,00616
	$D = 1,069 - 0,000796 (BIC + TRI)$	0,681	0,00645
	$D = 1,081 - 0,000649 (BIC+TRI) - 0,000000380 (BIC+TRI)^2 - 0,00000326 (CINT)^2$	0,711	0,00628

Onde: BIC= dobra do bíceps, TRI=dobra do tríceps, ANTE= perímetro do ante braço, TORAX= perímetro do tórax, CINT= perímetro da cintura, DBI= diâmetro biestiloidal, PESC= perímetro do pescoço, PCOXA= perímetro da coxa, PABDO= perímetro abdominal, R= coeficiente de correlação múltipla e EPE= erro padrão da estimativa.

Marcelo Salem et al. (2006)

Este estudo foi realizado dentro da Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx), como iniciação científica dos alunos do Curso de Instrutores de 2006, tendo como proposta desenvolver uma equação específica para alunos do Curso de Educação Física da EsEFEx, utilizando poucas variáveis e focando a praticidade.

Participaram do estudo 20 militares (50% da população do estudo), oficiais do Exército, alunos do curso da EsEFEx/2006.

Como variáveis dependentes foram usadas a DC e a %G, e como independentes, as mesmas variáveis utilizadas por Guedes e Petroski.

O único diferencial deste estudo foi o método de validação que não seguiu as recomendações de Lohman (1992) e, sim, a análise diagnóstica dos resíduos da regressão.

Neste procedimento fez-se, basicamente, a análise estatística dos resíduos das novas equações, analisando a independência destes em relação às variáveis, a homocedasticidade dos resíduos e a normalidade dos resultados.

As equações desenvolvidas são mostradas na TABELA 10.

TABELA 10
EQUAÇÕES ESPECÍFICAS PARA ESTIMAR A
DC E %G EM MILITARES DA EsEFEx.

EQUAÇÕES DESENVOLVIDAS	R	EPE
$DC = 1,146 - 0,001 (PABD) + 0,001 (MCT) - 0,002 (DTRI)$	0.830	0.0058 (g/cm ²)
$\% G = 0,497 (PABD) - 0,230 (MCT) + 00,793 (DTRI) - 20,504$	0.832	2.91 (%G)

CONCLUSÃO

As equações listadas nesta revisão foram coletadas somente de publicações em periódicos indexados e usando como instrumento critério a PH. As equações publicadas em resumos de congressos não foram levadas em consideração, em função da dificuldade de acesso a tais informações.

Equações utilizando medidas antropométricas são amplamente utilizadas, por serem simples e implicarem em baixo custo, principalmente quando utilizadas em trabalhos de saúde pública, envolvendo um grande número de sujeitos.

Apesar da disponibilidade de equações nacionais, pode-se perceber que, com exceção da equação de Petroski (1995), todas as outras foram desenvolvidas para populações específicas e não devem ser utilizadas para populações em geral.

Portanto, quando se for usar uma equação para estimar a gordura corporal, deve-se tomar

grande cuidado na escolha do modelo apropriado, pois características como a idade, o gênero e as características antropométricas devem ser considerados, já que o uso de um método indireto para estimar os componentes corporais pode gerar vários erros.

Alem disto, segundo Norton e Olds (1996), vários erros estão embutidos nos modelos matemáticos indiretos: o erro biológico na quantificação e na padronização dos componentes corporais, a criação do modelo de regressão pelo programa estatístico, o uso de equipamentos descalibrados, a transformação de DC em % de Gordura, a escolha incorreta da equação e, o mais prejudicial, o erro embutido pelo avaliador inexperiente.

Se somarmos todos os erros aos valores estimados, poderemos achar um valor completamente diferente dos parâmetros esperados, principalmente quando se trata de saúde.

Para amenizar alguns erros embutidos pelos avaliadores nos resultados das avaliações, alguns autores estão desenvolvendo estudos utilizando somente perímetros, pois, apesar destas equações apresentarem acurácia mais baixa, torna-se mais difícil que o avaliador cometa erros na tomada das medidas antropométricas, já que as circunferências são mais fáceis de serem medidas, não necessitando de equipamento próprio e calibrado.

Conclui-se, portanto, que permanece a necessidade de serem realizados outros estudos validando, ou mesmo desenvolvendo, novas equações para populações ou grupos específicos não contemplados com modelos matemáticos próprios, visando minimizar possíveis erros.

Endereço para correspondência:

Av João Luiz Alves, s/n (Forte São João) - Urca
Rio de Janeiro - RJ - Brasil - CEP: 22291-090

Tel: 21 2543-3323

e-mail: marcelosalem@uol.com.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO ABR, PIRES NETO CS. Desenvolvimento e validação de equações para a estimativa da massa corporal magra através da impedância bioelétrica. Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde 1998; 3 (1): 5-12.

GLANER MF, RODRIGUEZ-AÑEZ CR. Validação de procedimentos antropométricos para estimar a densidade corporal e percentual de gordura em militares masculinos. Rev Bras de Cineantropometria e desempenho Humano 1999;1(1):24-9.

GUEDES DP. Estudo de gordura corporal através da mensuração de valores da densidade corporal e da espessura de dobras cutâneas em universitários. Kinesis 1985;1 (2): 183-212.

HEYWARD VH, STOLARCZYK LM. Avaliação da composição corporal aplicada. São Paulo: Manole, 1996.

KATCH FI, McARDLE WD. Nutrição, Exercício e Saúde. 4ª ed. Rio de Janeiro: Médice, 1996.

LOHMAN TG. Advances in body composition assessment. Monograph Number 3. Champaign: Human Kinetics Publishers, 1992.

NORTON K, OLDS T. Anthropometrica. Sidney, Australia: Southwood Press, 1996.

PETROSKI EL. Desenvolvimento e validação de equações generalizadas para a estimativa da densidade corporal em adultos. Tese de Doutorado. Santa Maria, RS: UFSM, 1995.

PETROSKI EL, PIRES-NETO CS. Validação de equações antropométricas para a estimativa da densidade corporal em homens. Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde 1995; 2(1): 65-73.

PETROSKI EL, PIRES-NETO CS. Validação de equações antropométricas para a estimativa da densidade corporal em homens. Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde 1996; 1(3): 5-14.

POLLOCK ML, WILMORE JH. Exercícios na saúde e na doença. 2ª ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1993.

RODRIGUEZ-AÑEZ CR, PIRES NETO CS. Desenvolvimento e validação de equações estimativas da densidade corporal de soldados e cabos do exercito brasileiro entre 18 e 22 anos de idade. Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde 1999;4(2):39-48.

SALEM M, MONTEIRO ABMC, PIRES NETO CS, FERNANDES FILHO J. Composição Corporal Através da Técnica da Pesagem Hidrostática. Revista de Educação Física 2003;127:20-8.

SALEM M, FERNANDES FILHO J, PIRES NETO CS. Desenvolvimento e validação de equações antropométricas específicas para a determinação da densidade corporal de mulheres militares do Exército Brasileiro. Rev Bras Med Esporte 2004;10(3):141-6.

SIRI WE. Body composition from fluid spaces and density: analyses of methods. In BROZEK J, HENSCHER A (eds.). Techniques for measuring body composition. Washington: National Academy of Science, 1961.