

PREDIÇÃO E VALIDAÇÃO DA GORDURA CORPORAL RELATIVA BASEADA EM CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE ADULTOS FREQUENTADORES DE ACADEMIA DE GINÁSTICA

Wollner Materko¹

Edil Luis Santos²

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi desenvolver e validar um modelo de predição da gordura corporal relativa baseada nas características antropométricas de homens e mulheres. Participou deste estudo uma amostra de 400 adultos, dividida aleatoriamente em dois grupos: grupo de estimação e grupo de validação. Todos os voluntários passaram por uma avaliação antropométrica a partir da qual a gordura corporal relativa foi modelada em função das variáveis antropométricas por regressão linear múltipla utilizando como medida de referência à análise por impedância bioelétrica. A confiabilidade dos modelos foi estudada por da análise de Bland e Altman e por validação cruzada. Utilizou-se $\alpha = 0,05$. No sexo feminino, o modelo resultou em $r^2 = 0,82$, mas no sexo masculino, a capacidade preditiva do modelo foi mais fraca, resultando em $r^2 = 0,71$. Por outro lado, ao se buscar um modelo único para ambos os sexos, os resultados apontaram para uma adequada capacidade preditiva, similar ao sexo feminino, resultando em $r^2 = 0,83$, que por sua vez, conta com a vantagem de ser único e independente do gênero. Os modelos obtidos aqui mostraram adequada confiabilidade e validade, podendo ser considerados como ferramentas para predição da gordura corporal relativa.

Palavras-chave: Composição corporal. Antropométrica. Percentual de gordura corporal. Bioimpedância elétrica.

Prediction and Validation of Body Fat based on the anthropometrics measurements in adults practicing in academy of gymnastics.

ABSTRACT

The goal of the present study was to develop and validate a model for predicting the body composition in male and female subjects, based exclusively on anthropometric measurements. The study included a sample of 400 adults, randomly divided in two groups: estimation group and validation group. All subjects were submitted to an anthropometric evaluation for which the body fat percentage was modeled through the anthropometric variables analysis using multiple linear regression as measure of reference

¹ Graduado em Educação Física pela Universidade Estácio de Sá (2005) e especialista em Docência no Ensino Superior (2007)

² Doutor em Engenharia Biomédica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil (2004)
Pesquisador da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

the electric bioimpedance analysis. Models reliability was expressed by the Bland and Altman analysis followed by cross-validation. All tests assumed $\alpha = 0.05$. The female subjects model resulted in $r^2 = 0.82$ ($SEE = 3.41\%$), but concerning the male subjects, the predictive capacity was weaker than that of female subjects model, resulting in $r^2 = 0.71$ ($SEE=4.68\%$). However, a general model for both sexes revealed an adequate prediction capacity, averaging $r^2 = 0.83$ ($SEE = 3.98\%$), providing the more powerful prediction of BF in comparison to the other models. Models presented here were reliable and valid and further showed simple tool in order to access the body fat percentage.

Keywords: Body composition. Anthropometric. Body fat percentage. Electric bioimpedance

INTRODUÇÃO

A obesidade, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (1995), é considerada um problema de saúde pública que leva a sérias conseqüências sociais, psicológicas e físicas, sendo associada a um maior risco de morbi-mortalidade por enfermidades crônicas não transmissíveis, sendo assim, são considerados obesos os indivíduos com índice massa corporal maior ou igual a 30 kg/m^2 .

O estudo da composição corporal tem se revelado de grande importância na avaliação do estado nutricional (KUSHER, 1992), no diagnóstico de doenças associadas (VALENTINUZZI, 1996) e na avaliação da aptidão física (WHO, 1995). Sendo assim, diversos métodos vêm sendo aprimorados para estimativa da composição corporal, destacando-se a pesagem hidrostática (GINDE *et al.*, 2005), a imagem por ressonância magnética (GOMI *et al.*, 2005) e a Absortometria com Raios-X de Energia Dupla (DEXA) (JARFELT *et al.*, 2006).

Entretanto, o alto custo além da inacessibilidade a tais equipamentos acaba por limitar sua aplicação, conduzindo a busca por técnicas menos sofisticadas e de menor custo para a quantificação dos extratos da massa corporal. Nesse sentido, a análise por impedância bioelétrica (BIA), baseada na estimativa da água corporal total (VALENTINUZZI, 1996), tem sido difundida no estudo da composição corporal, o que se pode atribuir à simplicidade das medidas, confiabilidade inter e intra-avaliador, o menor desconforto durante a avaliação, além de ser de fácil aplicação em campo ou em laboratório (VALENTINUZZI, 1996), resultando ainda em significativa correlação ($r = 0,73-0,94$) com a DEXA (VSETULOVA; BUNC, 2004; BOWDEN *et al.*, 2005; NEWTON *et al.*, 2005).

Em busca de maior praticidade, no entanto, outros métodos de estimativa da gordura corporal têm sido incessantemente (DEURENBERG; WESTSTRATE & SEIDELL, 1991; LEAN; HAN & DEURENBERG, 1996; PONGCHAIYAKUL *et al.*, 2005; KOHLI; GAO & LEAR, 2009) explorados, mas valendo-se em técnicas mais simples, porém capazes de estimar os extratos de massa corporal. Sendo assim, o

objetivo do presente estudo foi desenvolver e validar um modelo de predição da porcentagem de gordura (GR) baseando-se, exclusivamente, nas características antropométricas de homens e mulheres frequentadores de academia de ginástica.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Amostra

Tratou-se de um estudo transversal realizado em uma amostra de 400 adultos (200 homens de 18 a 79 anos e 200 mulheres de 18 a 83 anos) selecionados no momento da matrícula, em quatro academias de ginástica no município do Rio de Janeiro de diferentes bairros.

A amostra foi dividida aleatoriamente em dois grupos: grupo de estimação (n=300; 150 homens e 150 mulheres), a partir do qual se desenvolveu um modelo de predição da GR; e grupo de validação (n=100; 50 homens e 50 mulheres), no qual foi aplicado o modelo obtido no grupo de estimação. Consideraram-se como critérios de elegibilidade: que os voluntários tivessem, no mínimo, seis meses de experiência em treino de força muscular; que não utilizassem qualquer recurso ergogênico; que não apresentassem lesões osteomioarticulares prévias. Estes foram classificados como indivíduos de baixo risco, por apresentarem até um fator de risco para doença arterial coronariana e não apresentarem qualquer sinal ou sintoma sugestivo de doença cardiopulmonar ou metabólica (ACSM, 2000). Nenhuma das mulheres estava em período menstrual ou gestacional.

Todos foram previamente instruídos a não realizar exercício físico nas 24h precedentes ao teste, não consumir bebida alcoólica nas 12 h precedentes e a manter-se hidratados. Os procedimentos experimentais só tiveram início após o consentimento verbal e a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, conforme aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição responsável pelo estudo (nº 0045.0.308.000-10) e todos os procedimentos utilizados respeitaram a Declaração de Helsinque de 2008.

Avaliação antropométrica

Esta constou da medida de massa corporal e estatura, realizada numa balança mecânica com estadiômetro (Filizola, Brasil) e para tomada das circunferências da cintura (CC), abdômen (CA) e quadril (CQ) utilizou uma fita antropométrica (Sanny,

Brasil). Para tomada das medidas seguiu as técnicas descritas por Lohman *et al* (1992), a circunferência da cintura foi medida na menor curvatura localizada entre a última costela e a crista ilíaca, a medida da circunferência do abdômen foi medida com a fita métrica passando pela cicatriz umbilical e a circunferência do quadril foi obtida colocando-se a fita métrica ao redor da região do quadril, na área de maior protuberância. A medida da GR foi estimada a partir da análise de impedância bioelétrica usando o aparelho BIA – 101A (RJL Systems, EUA) utilizando a padronização proposta por Lukaski *et al* (1985). Com intuito de reduzir a influência de fatores intervenientes às medidas da resistência e reatância corporal, seguiram-se as recomendações do NIH (1994). Aplicaram-se eletrodos (Ag/AgCl) na mão e pé direito (eletrodos de injeção), bem como no punho e tornozelo direito (eletrodos de captação), com uma frequência única de 50 kHz gerando uma corrente alternada constante entre 300-800 mA.

Procedimentos Estatísticos

Desenvolvimento do modelo

Os dados antropométricos foram inicialmente comparados com a curva normal, confirmando a distribuição como Gaussiana através do teste de *Kolmogorov-Smirnof*. A GR obtida por BIA foi modelada por regressão linear múltipla através de minimização do erro quadrático (método *forward stepwise*) usando como variáveis dependentes: idade, Índice de Massa Corporal (IMC), CA, CC e CQ. Adotou-se como critério de corte das variáveis independentes uma variação no r^2 menor que 0,01, bem como seu valor de p. Foram analisados os coeficientes de correlação parcial entre as variáveis antropométricas (independentes) e a GR (variável dependente), com o objetivo de observar as variáveis que melhor explicassem o modelo de predição da gordura relativa separadamente para o sexo masculino (SM), sexo feminino (SF) ou para ambos os sexos (AS). A confiabilidade dos modelos de regressão foi expressa pelo erro padrão da estimativa (EPE) e estudada através do método de Bland e Altman (1995a) empregando como referência a média da GR medidas por BIA e estimadas pelos modelos no eixo horizontal, e, no eixo vertical, a diferença entre os valores medidos e aqueles estimados pelo modelo. Como expressão da confiabilidade, o limite de concordância (LOA) foi expresso como o intervalo entre dois desvios padrão ($\pm 2DP$). Adotou-se $\alpha = 0,05$. A seleção dos modelos para SM, SF e AS foi realizada de acordo com os seguintes critérios: significância parcial das variáveis; maior coeficiente de correlação múltipla;

menor EPE; praticidade do modelo e menor número de variáveis independentes (Materko; Santos; Neves, 2007). Todos os procedimentos estatísticos foram realizados em Matlab v6.2 (*Mathworks*, EUA) e a estatística descritiva foi expressas como média \pm desvio padrão (DP).

Validação do modelo

A validação das equações desenvolvidas foi realizada em uma amostra escolhida aleatoriamente e que não participou do desenvolvimento das equações. Os grupos de estimação e validação foram comparados por teste *t-pareado de Student* para variáveis independentes com objetivo de observar se houve diferença significativa nas características antropométricas e físicas. Os modelos de predição da GR obtidos no grupo de estimação foram validados de forma cruzada, aplicando ao grupo de validação. Finalmente, foi realizado o teste *t-pareado* para as variáveis dependentes, o EPE e a correlação intraclasse, esta última só foi realizada quando não encontrou diferença significativa (BLAND & ALTMAN, 1995b). A confiabilidade dos modelos de regressão foi estudada através do método de Bland e Altman (1995a). Adotou-se $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as características antropométricas dos voluntários do grupo estimação e validação. As características físicas e antropométricas do grupo de validação foram comparadas àquelas do grupo de estimação separadamente entre os indivíduos do sexo masculino, feminino e entre ambos os sexos, não se registrando diferenças significativas entre os mesmos ($p > 0,05$).

Tabela 1. Características físicas e antropométricas dos voluntários.

| Variável | Grupo de Estimação | | Grupo de Validação | |
|--------------------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|
| | Homens | Mulheres | Homens | Mulheres |
| Idade (anos) | 29,5 □ 12,6 | 34,0 □ 15,5 | 30,2 □ 11,8 | 32,9 □ 13,2 |
| Estatura (cm) | 174,7 □ 7,3 | 162,3 □ 7,0 | 174,8 □ 6,6 | 163,7 □ 6,9 |
| MC (kg) | 77,6 □ 14,5 | 63,0 □ 13,0 | 76,4 □ 14,5 | 62,1 □ 11,2 |
| IMC (kg/m ²) | 25,2 □ 4,0 | 23,8 □ 5,0 | 24,8 □ 3,9 | 23,5 □ 4,3 |
| GR (%) | 17,1 □ 8,6 | 26,7 □ 8,0 | 16,3 □ 8,1 | 24,8 □ 7,6 |
| CA (cm) | 90,7 □ 11,6 | 84,0 □ 11,1 | 89,2 □ 10,6 | 83,0 □ 10,1 |
| CC (cm) | 85,7 □ 11,3 | 75,5 □ 10,7 | 84,3 □ 10,7 | 75,2 □ 11,5 |
| CQ (cm) | - | 99,8 □ 10,0 | - | 99,0 □ 8,3 |

Onde: IMC, índice de massa corporal; GR, gordura relativa; CA, CC e CQ, circunferências do abdômen, cintura e quadril, respectivamente.

As variáveis antropométricas apresentaram altas correlações com a GR tanto no SM como no SF. No SM a CA contribuiu com 71% da variância explicada ($p = 0,01$), a CC com 67% da variância explicada ($p \leq 0,01$) e o IMC com 64% da variância explicada. Já no SF, os coeficientes de determinação apresentaram 0,66 (CC), 0,61 (IMC) e 0,56 (CA) ($p \leq 0,01$). Dado que os coeficientes de explicação das variáveis antropométricas com a GR mostraram-se relativamente altos, pode-se inferir que cada uma destas detém grande poder de explicação da GR. O ponto a ser resolvido em seguida é determinar até que ponto a inclusão de mais de uma variável independente pode contribuir para a estimação da GR, de forma que se mantenham os níveis de significância almejados.

Na Tabela 2 são apresentados os modelos de predição da GR usando uma a três variáveis independentes. Todos os modelos extraídos mostraram-se significativos, no entanto é possível perceber que, ainda que haja uma tendência a aumentar o coeficiente de explicação à medida que se acrescentam variáveis independentes, o EPE tende a se estabilizar, sugerindo não aumentar o poder preditivo dos modelos. Para o grupo SM, obteve-se $r^2=0,71$ (EPE = 4,68%, $p = 0,01$), já no SF, o melhor modelo resultou em maior capacidade preditiva, resultando em $r^2=0,82$ (EPE = 3,41%, $p = 0,01$). Mas buscando um modelo único (AS), os resultados apontam para uma adequada capacidade preditiva, similar ao SF, resultando em $r^2 = 0,83$ (EPE = 3,98 %, $p = 0,01$).

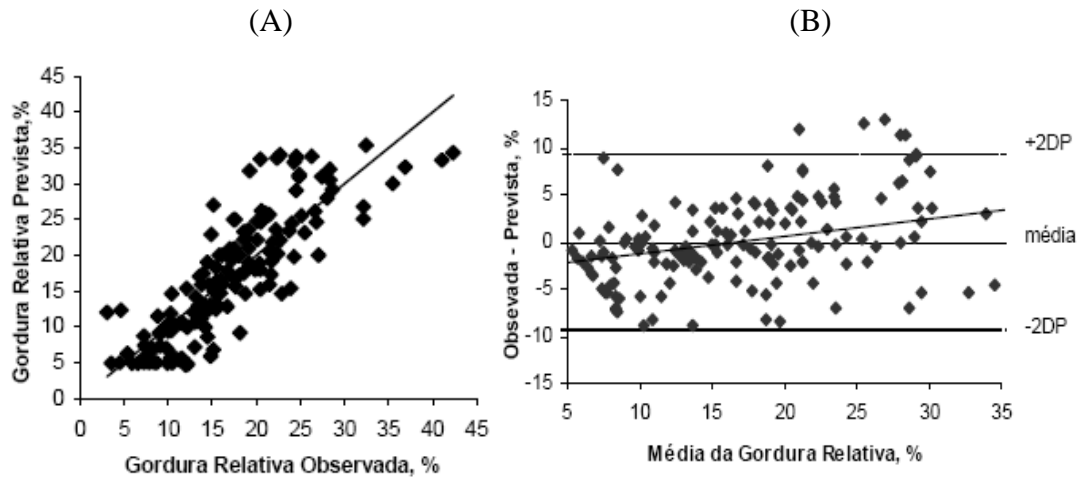
Tabela 2. Coeficiente de determinação, erro padrão da estimativa e o nível de significância das variáveis antropométricas, quando acrescentadas ao modelo do sexo masculino, feminino e para ambos.

| Equação de Predição da Gordura Relativa dos Homens | r² | EPE | p |
|---|----------------------|------------|----------|
| $%G = 0,63.CA - 40,12$ | 0,71 | 4,68 | 0,01 |
| Equação de Predição da Gordura Relativa das Mulheres | r² | EPE | p |
| $%G = 0,61.CC - 19,62$ | 0,67 | 4,66 | 0,01 |
| $%G = 0,51.CC + 0,19.I - 19,01$ | 0,80 | 3,64 | 0,01 |
| $%G = 0,33.CC + 0,23.I + 0,22.CQ - 29,15$ | 0,82 | 3,41 | 0,01 |
| Equação de Predição da Gordura Relativa para Ambos | r² | EPE | p |
| $%G = 0,58.CA - 13,63.S - 22,57$ | 0,73 | 5,04 | 0,01 |
| $%G = 0,34.CA + 0,69.IMC - 12,93.S - 18,69$ | 0,75 | 4,82 | 0,01 |
| $%G = 0,24.CA + 0,74.IMC + 0,20.I - 11,44.S - 18,66$ | 0,83 | 3,98 | 0,01 |

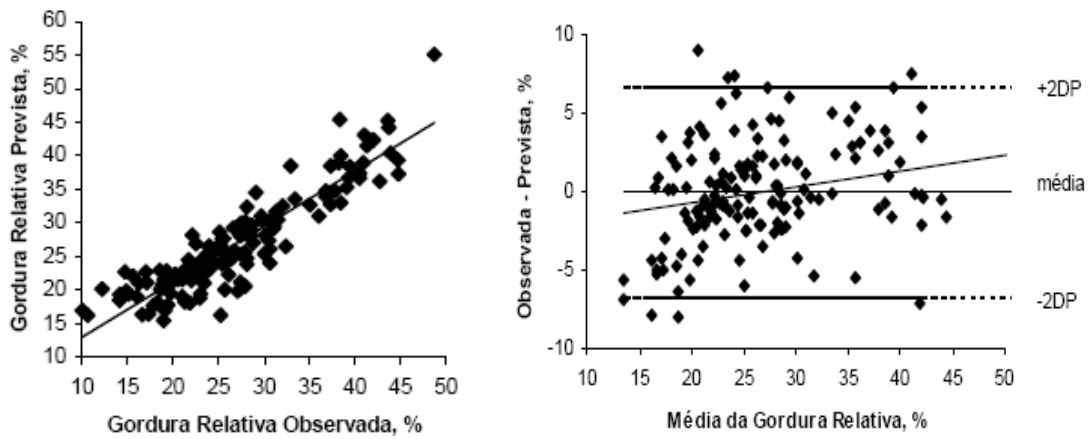
Onde: IMC, índice de massa corporal; GR, gordura relativa; CA, CC e CQ, circunferências do abdômen, cintura e quadril, respectivamente; I, idade e S, sexo (0 – mulheres e 1 – homens); e EPE, erro padrão de estimativa (em %).

Assumindo a medida BIA como medida de referência (VSETULOVA & BUNC, 2004; BOWDEN *et al.*, 2005; NEWTON *et al.*, 2005), a confiabilidade dos modelos de regressão foi estudada através do método de Bland e Altman (1995a) conforme ilustrado na Figura 1B. O modelo SM apresentou a maior parte dos dados dentro dos 95% do LOA, no entanto, pode-se observar a heteroscedasticidade que é uma forte dispersão dos dados em torno de uma reta, principalmente, para valores maiores da GR. Já no SF, apresentou-se uma distribuição uniforme do erro, além de uma menor dispersão deste, o que se denota pelo maior achatamento das coordenadas em relação ao erro médio. O modelo geral aplicado a ambos os sexos, no entanto, foi o que apresentou os menores erros. Adicionalmente, a dispersão parece ser mais estável se comparada à análise em separado para cada grupo (SM e SF). Embora tenha uma leve tendência a aumentar o erro em porcentagens de gordura mais altas, somente 3% dos sujeitos encontram-se fora dos 95% do LOA. Dessa forma, o modelo que apresentou a maior confiabilidade aqui foi o modelo AS, além disso, conta com a vantagem de ser único e independente do gênero.

Sexo Masculino



Sexo Feminino



Ambos os Sexos

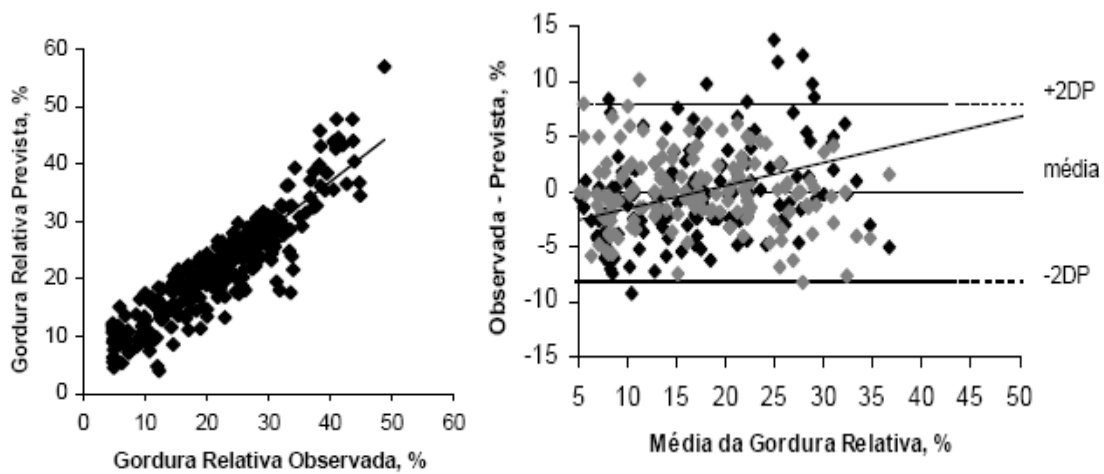


Figura 1 – (A) Ilustra a predição da GR entre a observada sobre a prevista no sexo masculino, sexo feminino e ambos os sexos. (B) Análise de Bland e Altman (1995a)

para a predição da gordura relativa e predição da equação da gordura relativa entre a GR observada sobre a GR prevista no sexo masculino, feminino e ambos os sexos, onde as linhas na horizontal representam a diferença média e 95% do limite de concordância (LOA), e a linha inclinada é a linha de regressão de erro. Os pontos das coordenadas em pretos representam o sexo masculino e os em cinzas representam o sexo feminino.

A Tabela 3 apresenta os resultados da validação cruzada, onde se pode observar altas correlações (0,82 a 0,91, $p < 0,01$) entre os valores medidos e os previstos. Nenhum modelo resultou em diferença significativa na estimativa da GR. Quando analisadas as diferenças médias entre a GR medida por BIA e a prevista pelos modelos, nota-se que nenhuma equação apresentou diferença significativa ($p > 0,05$), resultando em erros padrão de estimativa da ordem de 4,5%, 3,3% e 3,9% nos grupos SM, SF e AS, respectivamente. Ressalte-se aqui que o modelo geral para ambos os sexos resultou em erros padrão baixo, mesmo que aplicados somente ao grupo SM ou SF, de tal forma que este parece ser o melhor modelo encontrado.

Tabela 3. Validação Cruzada das Equações para Estimativa da Gordura Relativa.

| Equação | X ± DP | Dif | r | EPE | t | valor - p |
|------------------|------------|--------------|------|------|-------|-----------|
| SM | 16,0 ± 6,7 | 0,22 ± 4,50 | 0,83 | 4,54 | 0,34 | 0,72 |
| SF | 24,9 ± 7,4 | -0,12 ± 3,31 | 0,90 | 3,30 | -0,25 | 0,79 |
| AS (homens) | 15,7 ± 6,9 | 0,60 ± 4,70 | 0,83 | 4,54 | 0,90 | 0,37 |
| AS (mulheres) | 25,2 ± 7,2 | -0,38 ± 3,10 | 0,91 | 3,12 | -0,88 | 0,38 |
| AS | 20,4 ± 8,5 | 0,10 ± 3,98 | 0,90 | 3,98 | 0,26 | 0,79 |

Onde: SM, sexo masculino; SF, sexo feminino; AS, ambos os sexos; AS (homens), quando incluído as características antropométricas dos homens; AS (mulheres), quando incluído as características antropométricas das mulheres; X, média; DP, desvio padrão, Dif, diferença média e o desvio padrão da gordura relativa observada e a prevista.

A Figura 2 ilustra a análise de Bland e Atman (1995a) aplicada ao grupo de validação. Todos os modelos apresentaram a maior parte dos dados dentro dos 95% do LOA, no entanto, pode-se observar a heteroscedasticidade que é uma forte dispersão dos dados em torno de uma reta, principalmente, para valores maiores da GR. No SF, apresentou-se um comportamento uniforme do erro, mostrando-se independente da GR,

enquanto no SM, a linha de tendência do erro tende a aumentar, assim como a variabilidade. O modelo geral para ambos os sexos apresentou os erros similares ao SF, e a suas coordenadas estão dispersas, com isso, aumenta a variabilidade nos resultados apresentados.

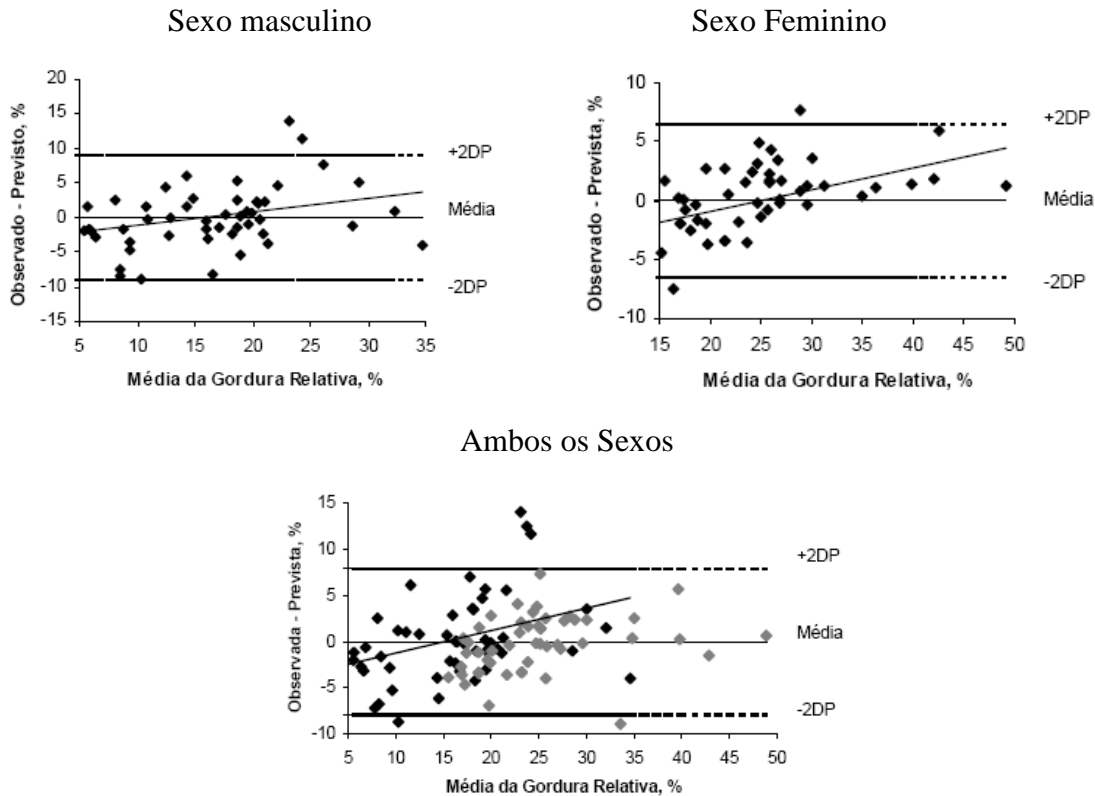


Figura 2 – Análise de Bland e Altman (1995a) do grupo de validação para a predição da gordura relativa e predição da equação da gordura relativa entre a GR observada sobre a GR prevista no sexo masculino, feminino e ambos os sexos, onde as linhas na horizontal representam a diferença média e 95% do limite de concordância (LOA), e a linha inclinada é a linha de regressão de erro. Os pontos das coordenadas em pretos representam o sexo masculino e os em cinzas representam o sexo feminino.

DISCUSSÃO

A BIA é comumente usada para avaliação da composição corporal, pois apresenta uma boa correlação ($r = 0,73-0,94$) (COHEN & COHEN, 1987) com a GR obtida por métodos padrão-ouro como o DEXA (BARBOSA *et al.*, 2001; NEWTON *et al.*, 2005; VEROVSKÁ *et al.*, 2009), além de um baixo erro de estimativa (EPE = 6-9%) (NEWTON *et al.*, 2005). É nesse contexto que se insere o presente estudo, onde se

buscou desenvolver um modelo genérico de predição da gordura corporal de homens e mulheres baseando-se somente nas características antropométricas.

Têm sido mostradas altas correlações entre a porcentagem de gordura corporal e as variáveis antropométricas (DEURENBERG; WESTSTRATE & SEIDELL, 1991; LEAN; HAN & DEURENBERG, 1996; PONGCHAIYAKUL *et al.*, 2005; KOHLI; GAO & LEAR, 2009), de forma que o poder de predição da gordura corporal relativa a partir dessas variáveis tende a ser estatisticamente aceitável. O ponto a ser resolvido em seguida é determinar até que ponto a inclusão de mais de uma variável independente pode contribuir para a estimação da GR, de forma que se mantenham os níveis de significância almejados.

No presente estudo, só a circunferência do abdômen (SM) resultou em 71% da variância explicada, isto denota uma maior associação do acúmulo de gordura visceral ou central entre os homens (MARTI *et al.*, 2004), apresentando um comportamento andróide na distribuição de gordura.

Já as variáveis da circunferência da cintura e quadril, além da idade (SF) também resultaram em correlações fortes (COHEN & COHEN, 1987), contribuindo com 65%, 42% e 37% da variância explicada, respectivamente. Esses resultados se assemelham os dados de estudo anterior (GONÇALVES, 2004), realizado com as características antropométricas de mulheres idosas, onde CC, CQ e CA resultaram em 54%, 53% e 50% da variância explicada, respectivamente.

Já a CC é uma variável estudada para avaliar o risco coronariano (LIN *et al.*, 2002), além de apresentar coeficientes de determinação em torno de 77,8% da variância explicada da GR (LEAN; HAN & DEURENBERG, 1996), esses resultados são similares aos do presente estudo, o SM (67%) apresentou resultado similar no coeficiente de determinação quando comparados ao SF (65%), apesar desta variável não ter sido incluída no modelo do SM para predição da GR.

A idade é uma variável de extrema importância na classificação do percentual de gordura, pois com o passar dos anos há uma tendência de aumentar a porcentagem de gordura corporal devido à diminuição do metabolismo basal (MARTI *et al.*, 2004) e diminuição da atividade física (RIEBE *et al.*, 2009). Além disso, pode-se observar que as mulheres tendem a atingir a maturidade sexual e concluir o ciclo reprodutivo mais rápido que os homens, além de apresentar uma GR maior quando comparado aos homens, talvez seja explicado que a idade tenha sido uma variável que contribuiu com 37% da variância explicada para o modelo do SF contra 23% no SM. Em outro estudo

(DEURENBERG; WESTSTRATE & SEIDELL, 1991) onde se apresentaram resultados similares aos encontrados aqui, observou-se que o SF obteve correlações mais fortes entre idade e GR que no SM.

Para a modelagem da GR para AS, as variáveis, idade, CA e IMC também obtiveram correlações fortes contribuindo com 29%, 27% e 36% da variância explicada, respectivamente. O IMC constitui a ferramenta mais utilizada para o diagnóstico quantitativo da obesidade devido à sua simplicidade, boa correlação com a adiposidade corporal e bastante utilizada como variável independente na predição da gordura corporal (DEURENBERG; WESTSTRATE & SEIDELL, 1991; LEAN; HAN & DEURENBERG, 1996; PONGCHAIYAKUL *et al.*, 2005). Pongchaiyakul *et al.*, (2005) resultou em coeficientes de determinação em torno de 51% (SM) e 60% (SF) da variância explicada concordando com os resultados do presente estudo (SM – 64% e SF – 61%).

No SM, o modelo de predição da gordura relativa resultou em 71 % da variância explicada (EPE = 4,68%, $p = 0,01$). Por outro lado, no SF, a capacidade preditiva do modelo obtido foi mais forte, resultando em 82% da variância explicada (EPE = 4,66%, $p = 0,01$). Em trabalho similar (LEAN; HAN & DEURENBERG, 1996), obtiveram coeficientes de determinação de 80% (SM) e 79,3% (SF) da variância explicada da GR usando somente a CC e a idade. Ainda assim, tais erros podem ser considerados, pois quando comparados a outro trabalho (BARBOSA *et al.*, 2001) que mostrou erro da ordem de 9% da porcentagem de gordura por dobras cutâneas.

Na busca de um modelo único (i.e., independente do sexo), o modelo AS resultou em $r^2 = 0,83$ ($p = 0,01$) e com 3% dos sujeitos fora do limite de concordância esperado. Estes resultados são similares a estudos anteriores (DEURENBERG; WESTSTRATE & SEIDELL, 1991; LEAN; HAN & DEURENBERG, 1996; PONGCHAIYAKUL *et al.*, 2005), onde obtiveram coeficientes de determinação de 0,79 a 0,88 e com erros de estimativa de 2,5 a 4,1%, confirmando o alto poder de predição das variáveis antropométricas.

Estudo anterior (GUEDES & RECHENCHOSKY, 2008) mostrou que os valores médios de gordura estimados pelas equações envolvendo medidas de espessura de dobras cutâneas não diferiram significativamente de modelos baseados no IMC. Nenhum modelo adotado no presente estudo incluiu as dobras cutâneas como variável independente, valendo-se exclusivamente de perímetros segmentares (CA, CC e CQ), idade e IMC. Além do fato de não se necessitar de equipamentos de alto custo e da

facilidade de obtenção de tais medidas, o nível de experiência do avaliador na medida de dobras cutâneas pode influenciar negativamente (SALEM; FERNANDES FILHO & NETO, 2004) o resultado da predição da GR, somando, assim, mais um erro ao resultado.

Em síntese, buscou-se validar os modelos de predição da GR obtidos, aplicando-os às características antropométricas de uma amostra independente – o grupo de validação. Os resultados da validação dos modelos demonstraram que nenhuma equação apresentou diferença significativa ($p > 0,05$), além de atingir altas correlações entre os valores observados e previstos (0,82 a 0,91, $p < 0,01$). De acordo com a análise de Bland e Altman (1995a), pode-se afirmar que os modelos, em média, apresentaram adequada confiabilidade no coeficiente de explicação, o que fora confirmado pelos procedimentos de validação cruzada. Considerando trabalhos anteriores (DEURENBERG; WESTSTRATE & SEIDELL, 1991; LEAN; HAN & DEURENBERG, 1996; GONÇALVES, 2004; PONGCHAIYAKUL *et al.*, 2005; KOHLI; GAO & LEAR, 2009) que mostraram erros em torno de 2% a 5% na predição da gordura relativa, seria verossímil atribuir aos resultados encontrados aqui (4,6%, SM; 3,4%, SF; 3,9%, AS) a qualidade de aceitáveis. Finalmente, no presente estudo, notoriamente os erros detêm maior capacidade de generalização, dados que os modelos foram validados em um grupo independente, no qual se mantiveram erros igualmente estáveis e de magnitude similar – 4,5% (SM), 3,3% (SF) e 3,9% (AS).

Cabe apontar que o presente estudo restringe-se à população não obesa, pois à medida que a GR aumenta tende a aumentar o erro e, com isso, os modelos do presente estudo tendem a superestimar o resultado da GR para indivíduos obesos ($\geq 40\%$ para mulheres e $\geq 30\%$ para homens) (FLEGAL *et al.*, 2009) similares a resultados anteriores (DEURENBERG; WESTSTRATE & SEIDELL, 1991; PONGCHAIYAKUL *et al.*, 2005). Além disso, tratar-se de uma abordagem triplamente indireta e o cálculo do erro integrado, considerando os erros do presente estudo, associado ao do Dexa e da bioimpedância. No entanto, os modelos propostos são uma ferramenta prática para avaliação da composição corporal apresentando algumas vantagens, tais como: o baixo custo, a facilidade de aquisição das medidas e sua grande aplicabilidade.

CONCLUSÃO

Em conclusão, através dos resultados da validação cruzada e da análise de Bland e Altman (1995a), os modelos obtidos mostraram adequada confiabilidade podendo, portanto ser utilizados como ferramentas para predição da gordura relativa, esperando erros aceitáveis, quando analisados em voluntários com características físicas e antropométricas similares às do presente estudo.

REFERÊNCIAS:

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription** (6ª ed.), Baltimore: Williams & Wilkins, 2000.

BARBOSA, A.R.; SANTARÉM, J.M.; FILHO, W.J.; *et al.*. Comparação da gordura corporal de mulheres idosas segundo antropometria, bioimpedância e Dexa. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 51, n. 1, p. 49-56, 2001.

BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G. Comparing methods of measurements: Why plotting difference against standard method is misleading. **Lancet**, London, v. 346, p.1085-87, 1995a.

BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G. Statistic notes: Calculating correlation coefficients with repeated observations: correlation within subjects. **BMJ (Clinical research ed.)**, London, v. 310, p. 446, 1995b.

BOWDEN, R.G.; LANNING, B.A.; JOHNSTON, H.M.; *et al.* Comparison of body composition measures to dual- energy x-ray absorptiometry. **Journal of Exercise Physiology Online**, Duluth v. 8, n. 2, p. 1-9, 2005.

COHEN, J.; COHEN, P. **Applied Multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences** (2ª ed.), L. Erlbaum Associates: Hillsdale, N.J, 1983.

DEURENBER, G.P.; WESTSTRATE, J.A.; SEIDELL, J.C. Body mass index as a measure of body fatness: age- and sex-specific prediction formulas. **British Journal of Nutrition**, London, v. 65, p. 105-114, 1991.

FLEGAL, K.M.; SHEPHERD, J.A.; LOOKER, A.C.; *et al.* Comparisons of percentage body fat, body mass index, waist circumference and waist-stature ratio in adults. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 89, p. 500-8, 2009.

GINDE, S. R.; GELIEBTER, A.; RUBIANO, F.; *et al.* Air displacement plethysmography: validation in overweight and obese subjects. **Obesity Research**, v. 13, n. 7, p. 1232-7, 2005.

GOMI, T.; KAWAWA, Y.; NAGAMOTO, M.; et al. Measurement of visceral fat/subcutaneous fat ratio by 0.3 tesla MRI. **Radiation Medicine**, v. 23, n. 8, p. 584-7, 2005.

GONÇALVES, E.C. **Equação de regressão com a perimetria e o DEXA para terceira idade**. Rio de Janeiro. Tese de mestrado. UCB/RJ, 2004.

GUEDES, D.P.; RECHENCHOSKY, L. Comparação da gordura corporal predita por métodos: índice de massa corporal e espessuras de dobras cutâneas. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2008.

JARFELT, M.; FORS, H.; LANNERING, B.; et al. Bone mineral density and bone turnover in young adult survivors of childhood acute lymphoblastic leukaemia. **European Journal of Endocrinology**, v. 154, n. 2, p. 303-9, 2006.

KOHLI, S.; GAO, M.; LEAR, S.A. Using simple anthropometric measures to predict body fat in South Asians. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 34, n. 1, p. 40-48, 2009.

KUSHNER, R.F. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 11, n. 2, p. 199-209, 1992.

LEAN, M.E.J.; HAN, T.S.; DEURENBERG, P. Predicting body composition by densitometry from simple antropometric measurerents. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 63, p. 4-14, 1996.

LIN, W.Y.; LEE, L.T.; CHEN, C.Y.; et al.. Optimal cut-off values for obesity: using simple anthropometric indices to predict cardiovascular risk factors in Taiwan. **International Journal of Obesity**, v. 26, p. 1232-38, 2002.

LOHMAN, T.G. **Advances in Body Composition Assessment**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1992.

LUKASKI, H.C.; JOHNSON, P.E.; BOLONCHUK, W.W.; et al. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of human body. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 41, p. 810-7, 1985.

MARTI, A.; MORENO-ALIAGA, M.J.; HEBEBRAND, J.; et al. Gene, Life and obesity. **International Journal of Obesity**, v. 28, S29-S36, 2004.

MATERKO, W.; SANTOS, E.L.; NEVES, C.E.B. Predição de uma repetição máxima (1RM) baseada nas características de homens e mulheres. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 1, p. 27-32, 2007.

NEWTON, R.L.; ALFONSO, A.; WHITE, M.A.; et al. Percent body fat measured by BIA and DEXA in obese, African-american adolescent girls. **International Journal of Obesity**, v. 29, p. 594-602, 2005.

NIH / USA. Bioelectric impedance analysis in body composition measurement. National Institute of Health Technology Assessment Statement. 12-14 december, p.1-35, 1994.

PONGCHAIYAKUL, C.; KOSULWAT, V.; ROJROONGWASINKUL, N.; *et al.* Prediction of percentage body fat in rural thai population using simple anthropometric measurements. **Obesity Research**, v. 13, n. 4, p. 729-38, 2005.

RIEBE, D.; BLISSMER, B.J.; GREANEY, M.L.; *et al.* The relationship between obesity, physical activity, and physical function in older adults. **Journal of aging and health**, v. 21, n. 8, p. 1159-78, 2009.

SALEM, M.; FERNANDES FILHO, J.; NETO, C.S.P. Desenvolvimento e validação de equações antropométricas específicas para a determinação da densidade corporal de mulheres militares do Exército Brasileiro. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n. 3, p. 141-146, 2004.

VALENTINUZZI, M.E. Bioelectrical impedance techniques in medicine: monitoring of physiological events by impedance. **Critical Reviews in Biomedical Engineering**, v. 24, n. 4-6, p. 353-466, 1996.

VEROVSKÁ, R.; LACNÁK, Z.; HALUZÍKOVÁ, D.; *et al.* Comparison of various methods of body fat analysis in overweight and obese women. **Vnitřní Lékařství**, v. 55, n. 5, p. 455-61, 2009.

VSETULOVA, E.; BUNC, V. The use of bioimpedance analysis for the assessment of relative body fat in obese women. **Casopis lékaru českých**, v. 143, n. 8, p. 528-32, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Physical Status: The use and interpretation of anthropometry. Geneva: World Health Organization. (WHO technical Report Series, 814), 1995.

Contatos dos Autores:

wollner.materko@gmail.com

edil.luis@bol.com.br

Recebido para publicação: 31/10/2009

1ª Revisão: 28/04/10

APROVADO: 19/05/10