

## Desenvolvimento e validação cruzada de equações preditivas de massa livre de gordura por bioimpedanciometria, para homens brasileiros de 20 a 59 anos de idade

### Development and cross-validation of predictive equations of fat-free mass by bioelectrical impedance for Brazilian men aged 20 to 59 years old

Roberto Fernandes da Costa<sup>1\*</sup>, Kalina Veruska da Silva Bezerra Masset<sup>1</sup>, Elys Costa de Sousa<sup>1</sup>, Breno Guilherme de Araújo Tinoco Cabral<sup>1</sup>, Paulo Moreira Silva Dantas<sup>1</sup>

ARTIGO ORIGINAL | ORIGINAL ARTICLE

#### RESUMO

O objetivo do estudo foi desenvolver e validar equação preditiva de massa livre de gordura por bioimpedanciometria para homens da população brasileira. Foram avaliados 203 homens de 20 a 59 anos de idade, divididos aleatoriamente em dois grupos: desenvolvimento (102) e validação cruzada (101). A técnica padrão foi a Abortometria radiológica de dupla energia (DEXA). Teste t pareado, regressão múltipla e plotagem de Bland-Altman foram utilizados para testar a validade do modelo proposto. A equação derivada pelo estudo foi:  $MLG = 17,57 + 0,348 (\text{Estatura}^2/\text{Resistência}) + 0,513 \text{ Massa Corporal} - 0,283 \text{ Perímetro Abdominal} + 0,079 \text{ Reatância} - 0,038 \text{ idade}$ ; coeficiente de correlação de concordância - CCC = 0,937;  $r^2 = 0,89$ ; erro padrão de estimativa - EPE = 2,55 kg; erro puro - EP = 2,51 kg. Com isso, a nova equação proposta proporciona estimativa válida da massa livre de gordura, sendo recomendada para homens com características semelhantes.

*Palavras-chave:* Composição corporal, impedância bioelétrica, modelos de predição.

#### ABSTRACT

The aim of this study was to develop and validate a fat free mass predictive equation by bioelectrical impedance for men of the Brazilian population. A total of 203 males aged 20 to 59 years were randomly divided into two groups: development (102) and cross-validation (101). The standard technique was dual energy radiological Abortometry (DXA). Paired t-test, multiple regression and plot of Bland-Altman were used to test the validity of the proposed model. The equation derived from the study was:  $FFM = 17.57 + 0.348 (\text{Stature}^2 / \text{Resistance}) + 0.513 \text{ Body Mass} - 0.283 \text{ Abdominal Perimeter} + 0.079 \text{ Reactance} - 0.038 \text{ age}$ ; concordance correlation coefficient - CCC = 0.937;  $r^2 = 0.89$ ; standard error of estimate - SEE = 2.55 kg; pure error - PE = 2.51 kg. Thus, the new equation proposed provides a valid estimate of fat-free mass and is recommended for men with similar characteristics.

*Keywords:* body composition, bioelectrical impedance, prediction models.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil

\* Autor correspondente: [roberto@robertocosta.com.br](mailto:roberto@robertocosta.com.br)

## INTRODUÇÃO

A composição corporal humana sofre modificações ao longo da vida decorrentes do processo de envelhecimento, além de fatores externos como dieta e exercício, ou ainda da presença de doenças (Sillanpaa et al., 2014). Assim, avaliar as proporções de massa gorda e massa livre de gordura é fator essencial para a prescrição e o acompanhamento de programas dietéticos e de exercícios físicos, bem como para a verificação da resposta a tais programas e a tratamentos de saúde.

Entre as técnicas de avaliação da composição corporal a análise da impedância bioelétrica (BIA) tem se destacado por ser uma medida não invasiva, de baixo custo operacional, que pode ser utilizada em situações clínicas e de campo, para estimar a água corporal total, massa livre de gordura e massa gorda (Khalil, Mohktar, & Ibrahim, 2014; Ramirez et al., 2012).

Para a realização destas estimativas a BIA mede a Resistência (R) e a Reatância (Xc), que juntamente com outras variáveis como estatura, massa corporal, sexo e idade, são utilizadas em equações preditivas específicas para a população em estudo (Dehghan & Merchant, 2008; Kyle et al., 2004). Desta forma, vários estudos têm proposto equações preditivas de BIA para diferentes grupos populacionais (Aglago et al., 2013; Hastuti, Kagawa, Byrne, & Hills, 2016; Hughes et al., 2015), ou testado sua validade em outras populações (Hofsteenge, Chinapaw, & Weijs, 2015; Langer et al., 2016).

No Brasil, não há estudos que tenham desenvolvido equações de bioimpedanciometria para estimar a massa livre de gordura de homens adultos, utilizando a Absortometria de Raios-X de Dupla Energia (DEXA) como técnica de referência. Assim, o objetivo do presente estudo foi desenvolver e realizar a validação cruzada de equação preditiva de massa livre de gordura (MLG) para homens adultos da população brasileira.

## MÉTODO

Estudo descritivo com delineamento transversal, para a proposição e validação cruzada de equação de regressão para a estimativa da composição corporal.

## Participantes

A amostra não-aleatória contou com 203 homens, de 20 a 59 anos de idade, recrutados por meio de divulgação entre participantes dos projetos de extensão do Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, além da utilização de redes sociais. Após a inclusão no estudo, a amostra foi dividida aleatoriamente em dois grupos, o de desenvolvimento da equação preditiva de massa livre de gordura (102) e o de validação (101). Foram critérios de inclusão: ser aparentemente saudável, com idade igual ou superior a 20 anos. Os critérios de exclusão foram: condições hipo ou hipervolêmicas incluindo dietas, uso de diuréticos, edema; sujeitos que apresentassem deficiência física ou que tivessem prótese que pudesse alterar os resultados da avaliação da composição corporal. Todos os participantes foram devidamente esclarecidos sobre o protocolo do estudo e assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Onofre Lopes – HUOL/UFRN sob nº CAAE: 34804414.7.0000.5292.

## Instrumentos e Procedimentos

Todas as medidas foram realizadas em visita única de cada participante ao laboratório. Após assinatura do TCLE, foram realizadas as medidas antropométricas de massa corporal, estatura e perímetro abdominal, seguidas da impedanciometria (BIA) e da absortometria radiológica de dupla energia (DEXA).

As medidas antropométricas foram realizadas por profissionais e estudantes de educação física, devidamente treinados, de acordo com recomendações internacionais (Lohman, Roche, & Martorell, 1988). A massa corporal foi medida com resolução de 0,1 kg, utilizando-se balança digital da marca Sanny®, modelo BL200PP (American Medical do Brasil, São Bernardo do Campo, Brasil), com os participantes descalços e com roupas leves. A estatura foi medida com resolução de 0,1 cm, utilizando-se estadiômetro da marca Sanny®, modelo Caprice (American Medical do Brasil, São Bernardo do Campo,

Brasil), com os participantes descalços e na posição ortostática. O perímetro abdominal foi medido no ponto médio entre a crista ilíaca e a borda inferior do último arco costal, com resolução de 0,1 cm, utilizando-se uma trena metálica antropométrica da marca Sanny®, com os participantes em pé, com a trena sobre a pele nua no local da medida. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado dividindo-se a massa corporal (kg) pelo quadrado da estatura (m).

A avaliação por BIA, para determinação da Resistência (R), Reatância (Xc) e Ângulo de Fase (AF), foi realizada com equipamento tetrapolar monofrequencial (50 kHz) da marca Sanny®, modelo BIA1010 (American Medical do Brasil, São Bernardo do Campo, Brasil), com os avaliados deitados em decúbito dorsal em uma maca não condutiva. A pele foi higienizada com álcool 70% antes da colocação dos eletrodos, que foram posicionados na superfície dorsal do punho, da mão, do tornozelo e do pé, no hemitórax direito. Foi solicitado aos avaliados que fizessem jejum de pelo menos 4 horas previamente à avaliação, que não realizassem exercícios físicos extenuantes nas 24 horas anteriores e não consumissem álcool nas 48 horas anteriores. Além disso, deveriam esvaziar a bexiga 30 minutos antes da avaliação. O índice de resistência ( $Est^2/R$ ) foi calculado dividindo-se o quadrado da Estatura (m) pela Resistência ( $\Omega$ ).

A absorptometria radiológica de dupla energia foi realizada em equipamento Lunar Prodigy, modelo NRL 41990 (GE Lunar, Madison, WI, USA). O escaneamento foi conduzido com os participantes deitados em decúbito dorsal ao longo do eixo longitudinal da linha média da mesa. Os pés estavam juntos e presos no nível dos dedos para imobilizar as pernas, enquanto as mãos foram mantidas em posição pronada dentro da região de varredura do equipamento. Os participantes permaneceram imóveis durante o procedimento de digitalização. A composição corporal foi determinada usando os algoritmos contidos no software do dispositivo.

### **Análise estatística**

Foi aplicado o teste não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov para verificar o pressuposto de distribuição normal dos dados, que foi

confirmado para todas as variáveis. A análise descritiva constou das medidas de média e desvio padrão de todas as variáveis do estudo e as comparações entre os grupos foram realizadas pelo teste t de Student para amostras independentes. Foi utilizada a Análise de Regressão Múltipla Stepwise para propor a equação preditiva de massa livre de gordura. A análise de regressão foi conduzida utilizando como variável dependente a massa livre de gordura obtida pela DEXA, e as variáveis idade, massa corporal, estatura, perímetro abdominal, IMC, resistência, reatância, ângulo de fase e índice de resistência, como possíveis variáveis independentes. Para verificar a validade da equação proposta os resultados médios estimados foram comparados aos resultados médios medidos na DEXA pelo teste t pareado, além disso foram calculados o coeficiente de correlação de Pearson (r), o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e erro padrão de estimativa (EPE). Foi utilizada a abordagem proposta por (Lin, 1989) para a análise do Coeficiente de Correlação de Concordância (CCC), a fim de verificar a validade ( $C_b$ ) e a precisão ( $\rho$ ) entre os valores estimados e medidos de MLG. A precisão da nova equação de BIA foi avaliada usando erro puro (EP), que foi calculado como a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre a medida e a estimativa da MLG (Sun et al., 2003). A plotagem de Bland-Altman foi utilizada para verificar o viés e a concordância entre a medida e a estimativa da MLG, sendo os limites de concordância (LC) definidos como a média das diferenças + 1,96 desvios padrão. Para a validação cruzada da equação proposta no presente estudo, os mesmos testes foram aplicados na amostra estabelecida para este fim. As análises foram realizadas com os pacotes computacionais SPSS v.20.0 e MedCalc v.12.5.0. Foi considerada significância estatística para  $p < 0,05$ .

### **RESULTADOS**

As características de ambos os grupos, desenvolvimento e validação, são apresentadas na tabela 1. Nenhuma das variáveis apresentou diferença significativa na comparação entre os grupos.

Tabela 1

Características dos grupos de estudo (média + desvio padrão)

	Grupo Desenvolvimento n = 102	Grupo Validação n = 101	p
Idade (anos)	37,2 + 12,8	37,2 + 12,7	0,987
Massa Corporal (kg)	78,3 + 13,5	79,3 + 13,3	0,611
Estatuta (cm)	174,7 + 6,1	174,7 + 8,4	0,931
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,6 + 3,9	25,9 + 3,8	0,580
Perímetro abdominal (cm)	88,6 + 11,8	89,1 + 10,6	0,842
Resistência (Ω)	471,6 + 59,7	468,7 + 63,0	0,740
Reatância (Ω)	59,1 + 10,5	58,6 + 8,3	0,705
Ângulo de Fase	7,2 + 1,0	7,2 + 0,8	0,927
Índice de Resistência	65,8 + 9,7	66,5 + 11,3	0,640
MLG (kg)	58,7 + 7,4	59,4 + 8,3	0,526
GC (%)	24,3 + 7,3	24,5 + 6,9	0,842

As variáveis independentes perímetro abdominal (PAb), Índice de Resistência ( $\text{Estatuta}^2/\text{Resistência} - \text{Est}^2/\text{R}$ ), massa corporal (MC), Reatância ( $X_c$ ) e idade se apresentaram como preditores significantes da MLG em kg, sendo que o Índice de Resistência explica 86% da variabilidade. O modelo preditivo derivado explica 89% da variância da MLG e é o seguinte:

$$\text{MLG} = 17,57 + 0,348(\text{Est}^2/\text{R}) + 0,513\text{MC} - 0,283\text{PAb} + 0,079\text{Xc} - 0,038\text{idade}$$

A MLG estimada pela equação específica desenvolvida no presente estudo não apresentou

diferença significativa comparada com o valor determinado pela DEXA, tanto para o grupo de desenvolvimento quanto para o grupo de validação cruzada. Todos os parâmetros utilizados para a proposição e validação da equação confirmaram sua validade (tabela 2).

A figura 1 apresenta os limites de concordância para a massa livre de gordura entre o método padrão (DEXA) e a equação de BIA derivada no presente estudo. Os valores obtidos entre -5,1 kg e 4,8 kg para o grupo de desenvolvimento, e -4,2 kg e 4,3 kg para o grupo de validação cruzada, são compatíveis com a validade da equação para a estimativa da MLG.

Tabela 2

Valores de massa livre de gordura (MLG) determinados pela DEXA e estimados pela BIA

	MLG		p	CCC	Análise CCC		r <sup>2</sup>	EPE(kg)	EP(kg)
	DEXA	BIA			ρ	C <sub>b</sub>			
<b>GD</b>	58,7+7,4	58,8+6,8	0,627	0,9370	0,9399	0,9969	0,89	2,55	2,51
<b>GVC</b>	59,4+8,3	59,3+8,1	0,919	0,9653	0,9656	0,9997	0,93	1,93	2,16

\* GD = grupo desenvolvimento, GVC = grupo validação cruzada, CCC = coeficiente de correlação de concordância, ρ = precisão, C<sub>b</sub> = validade, EPE = erro padrão de estimativa, EP = erro puro.

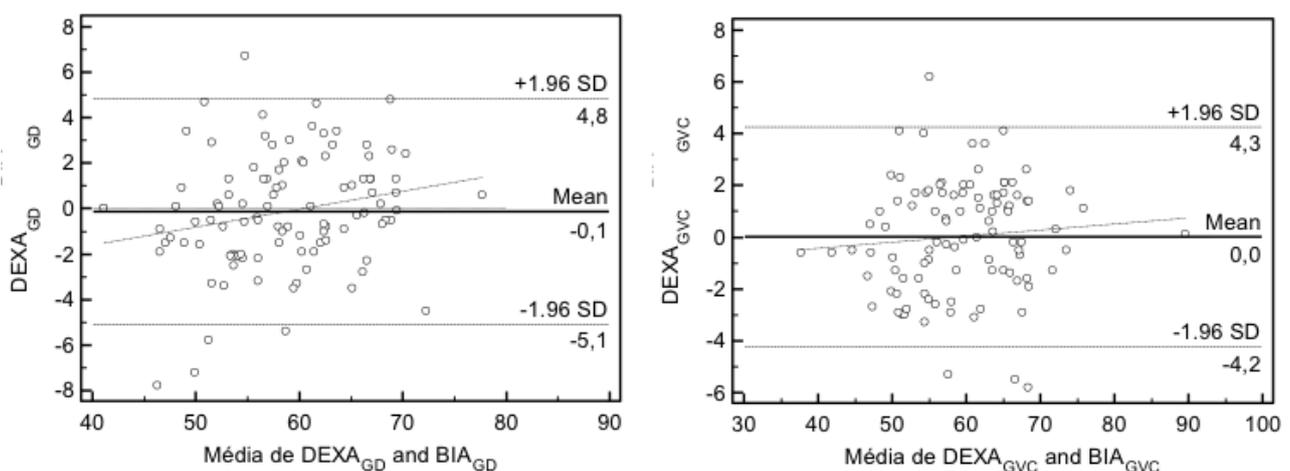


Figura 1. Plotagem de Bland-Altman para os limites de concordância entre valores de massa livre de gordura (MLG) determinados pelo método de referência (DEXA) e estimados pela equação de BIA derivada neste estudo; (a) grupo desenvolvimento (GD); (b) grupo validação cruzada (GVC)

## DISCUSSÃO

No presente estudo foi desenvolvida a primeira equação de bioimpedanciometria para a estimativa da MLG de homens brasileiros de 20 a 59 anos de idade, utilizando a medida obtida na DEXA como referência. Após sua proposição, a mesma passou por processo de validação cruzada em um grupo de homens da mesma faixa etária e com características semelhantes.

Entre as variáveis admitidas no modelo proposto, o índice de resistência ( $Est^2/R$ ) se mostrou o preditor mais relevante, explicando sozinho 86% da variabilidade da nossa equação. A utilização da bioimpedanciometria para a estimativa da MLG pelo índice de resistência tem base nas propriedades elétricas do corpo humano. A resistência ( $R$ ) do condutor é expressa por  $R = \rho C^2/V$ , então  $V = \rho C^2/R$ ; sendo que  $\rho$  é a resistividade do condutor,  $C$  é o comprimento e  $V$  é o volume (Houtkooper, Lohman, Going, & Howell, 1996; Khalil et al., 2014). Assim, como o tecido magro contém grande quantidade de água apresenta menor resistência à passagem da corrente elétrica, ao contrário da massa gorda, e a água corporal total permite estimar a massa livre de gordura. Vários estudos têm demonstrados que a inclusão de idade, sexo e medidas antropométricas melhora significativamente o valor preditivo das equações para estimativa de MLG (Aglago et al., 2013; Houtkooper et al., 1996; Hughes et al., 2015; Langer et al., 2016).

A equação aqui proposta, além de incluir tais variáveis no modelo, também incluiu a reatância, o que foi observado em outros estudos aumentando a capacidade do modelo para a predição da MLG (Hastuti et al., 2016; Lukaski, Bolonchuk, Hall, & Siders, 1986).

No Brasil poucos estudos foram realizados com o intuito de propor equações preditivas de bioimpedanciometria para a estimativa da composição corporal em homens, entretanto, nenhum para a mesma faixa etária do presente estudo. O primeiro foi realizado com 66 sujeitos de 18 a 30 anos de idade, estudantes universitários de Pernambuco e militares do Rio Grande do Sul, no qual os autores derivaram cinco equações e propuseram como de melhores resultados uma que utiliza resistência, estatura e

massa corporal no modelo de regressão (de Carvalho & Neto, 1998). É importante ressaltar que os autores utilizaram como padrão a pesagem hidrostática, sem a medida direta do volume residual pulmonar, o que pode comprometer significativamente os valores de densidade corporal obtidos; além disso, a validação foi baseada apenas na correlação linear de Pearson, no erro padrão de estimativa e no teste t de Student para amostras dependentes, carecendo de análise mais robusta para evidenciar a validade das referidas equações.

Mais recentemente, foi realizado estudo com 396 cadetes das forças armadas brasileiras, de 17 a 24 anos de idade, utilizando a DEXA como método de referência. Os autores testaram a validade de oito equações previamente publicadas e propuseram uma nova equação específica com base na população estudada. Apenas a equação derivada no estudo não apresentou diferença significativa entre os valores de MLG, obtidos pela DEXA e pela BIA, e limites de concordância aceitáveis, demonstrando ser uma ótima opção para a estimativa de MLG de sujeitos com características semelhantes às da população estudada, homens jovens e saudáveis (Langer et al., 2016).

O presente estudo apresenta importantes implicações para a área de avaliação da composição corporal no Brasil, sobretudo porque a maioria dos equipamentos de bioimpedanciometria disponíveis no mercado não permite a identificação das equações utilizadas, tampouco se foram validadas para sujeitos da população brasileira.

Embora os limites de concordância encontrados na plotagem de Bland-Altman demonstrem a possibilidade de superestimar ou subestimar a MLG em + 5 kg (+8%), os valores são compatíveis com outros estudos recentes que propuseram e validaram equações para a estimativa da MLG por bioimpedanciometria (Aglago et al., 2013; Hastuti et al., 2016; Hughes et al., 2015; Langer et al., 2016).

Uma limitação do presente estudo foi utilizar amostra de apenas uma região do país e não ter considerando aspectos étnicos para a composição da mesma, considerando a miscigenação presente

no país, o que sugere a necessidade de estudos de validação da equação aqui proposta em outras regiões do país e com sujeitos de diferentes origens étnicas.

### CONCLUSÕES

A equação proposta no presente estudo atendeu aos critérios de validade para a estimativa da MLG, podendo ser considerada uma boa alternativa para a avaliação da composição corporal por bioimpedanciometria de homens com características semelhantes.

---

#### Agradecimentos:

À American Medical do Brasil – Sanny.

---



---

#### Conflito de Interesses:

Nada a declarar.

---



---

#### Financiamento:

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

---

### REFERÊNCIAS

- Aglago, K. E., Menchawy, I. E., Kari, K. E., Hamdouchi, A. E., Barkat, A., Benguedour, R., ... & Aguentaou, H. (2013). Development and validation of bioelectrical impedance analysis equations for predicting total body water and fat-free mass in North-African adults. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(10), 1081-1086. doi:10.1038/ejcn.2013.125
- de Carvalho, A. B. R., & Neto, C. S. P. (1998). Desenvolvimento e validação de equações para estimativa da massa corporal magra através da impedância bioelétrica em homens. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, 3(2), 5-12.
- Dehghan, M., & Merchant, A. T. (2008). Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutrition Journal*, 7, 26. doi:10.1186/1475-2891-7-26
- Hastuti, J., Kagawa, M., Byrne, N. M., & Hills, A. P. (2016). Proposal of new body composition prediction equations from bioelectrical impedance for Indonesian men. *European Journal of Clinical Nutrition*, 70(11), 1271-1277. doi:10.1038/ejcn.2016.113
- Hofsteenge, G. H., Chinapaw, M. J., & Weijjs, P. J. (2015). Fat-free mass prediction equations for bioelectric impedance analysis compared to dual energy X-ray absorptiometry in obese adolescents: a validation study. *BMC Pediatrics*, 15, 158. doi:10.1186/s12887-015-0476-7
- Houtkooper, L. B., Lohman, T. G., Going, S. B., & Howell, W. H. (1996). Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 64(3 Suppl), 436S-448S. doi:10.1093/ajcn/64.3.436S
- Hughes, J. T., Maple-Brown, L. J., Piers, L. S., Meerkin, J., O'Dea, K., & Ward, L. C. (2015). Development of a single-frequency bioimpedance prediction equation for fat-free mass in an adult Indigenous Australian population. *European Journal of Clinical Nutrition*, 69(1), 28-33. doi:10.1038/ejcn.2014.54
- Khalil, S. F., Mohktar, M. S., & Ibrahim, F. (2014). The theory and fundamentals of bioimpedance analysis in clinical status monitoring and diagnosis of diseases. *Sensors (Basel)*, 14(6), 10895-10928. doi:10.3390/s140610895
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Manuel Gomez, J. (2004). Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, 23(6), 1430-1453. doi:10.1016/j.clnu.2004.09.012
- Langer, R. D., Borges, J. H., Pascoa, M. A., Cirolini, V. X., Guerra-Junior, G., & Goncalves, E. M. (2016). Validity of Bioelectrical Impedance Analysis to Estimation Fat-Free Mass in the Army Cadets. *Nutrients*, 8(3), 121. doi:10.3390/nu8030121
- Lin, L. I. (1989). A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*, 45(1), 255-268.
- Lohman, T. G., Roche, A. F., & Martorell, R. (1988). *Anthropometric standardization reference manual* (Vol. 177): Human kinetics books Champaign.
- Lukaski, H. C., Bolonchuk, W. W., Hall, C. B., & Siders, W. A. (1986). Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *Journal of Applied Physiology*, 60(4), 1327-1332. doi:10.1152/jappl.1986.60.4.1327
- Ramirez, E., Valencia, M. E., Bourges, H., Espinosa, T., Moya-Camarena, S. Y., Salazar, G., & Aleman-Mateo, H. (2012). Body composition prediction equations based on deuterium oxide dilution method in Mexican children: a national study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 66(10), 1099-1103. doi:10.1038/ejcn.2012.89
- Sillanpaa, E., Cheng, S., Hakkinen, K., Finni, T., Walker, S., Pesola, A., ... & Sipila, S. (2014). Body composition in 18- to 88-year-old adults--comparison of multifrequency bioimpedance and dual-energy X-ray absorptiometry. *Obesity (Silver Spring)*, 22(1), 101-109. doi:10.1002/oby.20583

Sun, S. S., Chumlea, W. C., Heymsfield, S. B., Lukaski, H. C., Schoeller, D., Friedl, K., ... & Hubbard, V. S. (2003). Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body

composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77(2), 331-340. doi:10.1093/ajcn/77.2.331



Todo o conteúdo da revista **Motricidade** está licenciado sob a Creative Commons, exceto quando especificado em contrário e nos conteúdos retirados de outras fontes bibliográficas.