

**Concordância dos dados brutos
obtidos por dois dispositivos de
impedância bioelétrica em ex-atletas
inativos com sobrepeso ou obesidade**
*Agreement of raw data obtained by
two bioelectrical impedance devices in
inactive former athletes with
overweight or obesity*

Tiago Ribeiro da Silva

ORIENTADO POR: Prof.^a Doutora Analiza Mónica Lopes Almeida Silva

COORIENTADO POR: Prof. Doutor Vitor Hugo da Costa Gomes Moreira Teixeira

TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO

I.º CICLO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO | UNIDADE CURRICULAR ESTÁGIO

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DA UNIVERSIDADE DO PORTO

TC

PORTO, 2021



Resumo

Introdução: Os parâmetros brutos da impedância bioelétrica (IBE), Resistência (R), Reactância (Xc), Ângulo de Fase (AnF) e Impedância (Z), são utilizados para estimar a composição corporal e/ou avaliar mudanças de fluídos. Contudo, ainda não é claro se dois aparelhos reportam valores diferentes quando avaliam a mesma população ou indivíduo.

Objetivo: Avaliar a concordância, transversal e longitudinal, dos dados brutos obtidos por dois dispositivos de IBE em atletas de elite em fase pós-carreira inativos e com sobrepeso/obesidade.

Metodologia: Cinquenta e nove participantes (43,5 (9,2) anos, 30,5 (4,0) kg/m², 42% sexo feminino) foram incluídos na *baseline*. As avaliações foram efetuadas antes (*baseline*) e depois de 4 meses de uma intervenção para perda de peso (PP). A recolha dos parâmetros brutos foi realizada na frequência 50 kHz, por dois aparelhos: multifrequência espectral (BIS; Xitron Technologies, modelo 4200B, San Diego, EUA) e unifrequência (SF-BIA; RJL/Akern Systems, modelo BIA-101, Itália).

Resultados: Na análise transversal (n=59), a BIS forneceu valores médios inferiores (0.4% para R, 1.6% para Xc, 1.0% para AnF e 0.4% para Z) para todos os parâmetros ($p < 0.001$) em comparação à SF-BIA. Longitudinalmente, avaliando apenas indivíduos com uma $PP \geq 2,5\%$ (n=18), não foram encontradas diferenças em nenhum dos parâmetros brutos entre dispositivos ($p \geq 0,128$) nem a existência de viés proporcional ($p \geq 0,408$).

Conclusão: Apesar das pequenas diferenças encontradas nos valores dos parâmetros brutos, ambos os dispositivos parecem poder ser utilizados indistintamente para avaliar as alterações ao longo do tempo, devido aos limites

de concordância a 95% relativamente pequenos e potencialmente aceitáveis e à falta de viés proporcional.

Palavras-chave: impedância bioelétrica; ângulo de fase; resistência; reactância; composição corporal

Abstract

Background: Bioelectrical impedance (BI) raw parameters, such as Resistance (R), Reactance (Xc), Phase Angle (PhA), and Impedance (Z) are used to predict body composition in specific models and/or to assess fluid changes. However, it is still unclear if different BI devices would provide similar results for the same population or individual.

Objective: To evaluate the cross-sectional and longitudinal agreement of raw data obtained by two BI in inactive former athletes with overweight/obesity.

Methods: Fifty-nine participants (43,5 (9,2) years, 30,5 (4,0) kg/m², 42% females) were included in the baseline analysis. All the assessments were performed before (baseline) and after 4 months of a lifestyle intervention aimed weight loss (WL). BI parameters were assessed at a frequency of 50 kHz, by two devices: BI spectroscopy (BIS, Xitron Technologies, model 4200B, San Diego, USA) and a phase-sensitive single-frequency device (SF-BIA, RJL/Akern Systems, model BIA-101, Italy).

Results: Cross-sectionally, BIS provided lower mean values (0.4% for R, 1.6% for Xc, 1.0% for PhA and 0.4% for Z) for all parameters ($p < 0.001$) compared to SF-BIA. Considering longitudinal analysis of R, Xc, Z and PhA, in individuals with a $WL \geq 2.5\%$ ($n=18$), no differences were found in any of the raw parameters between devices ($p \geq 0.128$) and there was no proportional bias ($p \geq 0.408$).

Conclusion: Despite small differences in raw BI parameters, both devices can be used interchangeably to evaluate individual changes over time due to the relatively small and potentially acceptable limits of agreement and lack of proportional bias.

Keywords: bioelectrical impedance analysis; phase angle; resistance; reactance;
body composition

Lista de siglas e acrónimos

ACT - Água Corporal Total

AnF - Ângulo de fase

BIS - Impedância bioelétrica de multifrequência espectral

CMO - Conteúdo Mineral Ósseo

DM - Diferença Média

DXA - Densitometria radiológica de dupla energia

IBE - Impedância bioelétrica

IMC - Índice de Massa Corporal

ISAK - *International Society for the Advancement of Kinanthropometry*

MF-BIA - Impedância bioelétrica de multifrequência

MG - Massa Gorda

MIG - Massa Isenta de Gordura

P10 - Percentil 10

R - Resistência

SF-BIA - Impedância bioelétrica unifrequência

Xc - Reactância

Z - Impedância

Sumário

Resumo	i
Abstract	iii
Lista de siglas e acrónimos	v
Sumário.....	vi
Introdução	1
Objetivo	3
Metodologia.....	4
Resultados	6
Discussão	11
Conclusões	15
Referências	16
Anexos	18
Índice de anexos	19

Introdução

A composição corporal de um indivíduo está relacionada com a saúde e performance⁽¹⁾, sendo uma componente essencial da avaliação do estado nutricional, fornecendo dados úteis para o prognóstico e monitorização da progressão da doença e/ou a eficácia da intervenção nutricional⁽²⁾.

O modelo de quatro compartimentos que utiliza a densidade corporal, a água corporal e a massa mineral óssea é o método de referência para a avaliação da massa gorda (MG)⁽³⁾. Contudo, este é um método moroso e requer acesso a tecnologia dispendiosa e complexa, o que torna difícil a sua aplicação prática^(1, 4). Como alternativa, as técnicas de impedância bioelétrica (IBE) têm sido amplamente utilizadas uma vez que são seguras, não-invasivas, práticas e de baixo custo relativamente a outras técnicas existentes⁽⁵⁻⁷⁾. Estas técnicas baseiam-se na relação da composição corporal com a quantidade de água do organismo, com base na condução de uma corrente elétrica⁽⁷⁾. A corrente aplicada é conduzida de forma diferente consoante a composição do corpo, sendo bem conduzida por tecidos ricos em água e eletrólitos, como por exemplo o tecido muscular, e mal conduzida por tecidos com baixa hidratação como o tecido adiposo e o osso^(5, 6, 8). O corpo oferece dois tipos de resistência à passagem de uma corrente elétrica: a Resistência (R) e a Reactância (Xc)⁽⁵⁾. A R deve-se aos fluídos intra e extracelulares, sendo inversamente associada ao conteúdo dos mesmos⁽⁵⁾. A Xc representa a resistência adicional causada pelas membranas celulares e “interfaces dos tecidos” na passagem da corrente⁽⁸⁾. A impedância (Z) é a oposição do condutor à passagem de uma corrente elétrica alternada introduzida no corpo por um aparelho de IBE a uma frequência única ou a múltiplas frequências,

expressando-se em Ohms (Ω)⁽⁸⁾. Geometricamente, Z é o vetor composto pela R e a X_c ⁽⁶⁾. A capacitância é uma função da X_c que surge quando as membranas celulares armazenam uma parte da corrente⁽⁵⁾. Este armazenamento temporário de carga cria uma mudança de fase ou ângulo de fase (AnF)⁽⁸⁾.

Existem vários aparelhos de IBE disponíveis, nomeadamente dispositivos de unifrequência (SF-BIA), de multifrequência (MF-BIA) e dispositivos de multifrequência espectral (BIS).

A partir dos dados brutos (R, X_c , AnF e Z) e tendo em conta variadas suposições^(5, 6, 8-10), é possível estimar vários componentes corporais, tais como a água corporal total (ACT), a massa isenta de gordura (MIG) e a MG⁽⁵⁾. Estas estimativas dependem muitas vezes da seleção de uma equação preditiva apropriada, contudo muitos dispositivos não especificam a equação programada, considerando esta informação como proprietária⁽⁶⁾. Quando não são fornecidos os dados brutos, torna-se impossível estimar os compartimentos de composição corporal usando uma equação apropriada⁽⁶⁾.

Alguns estudos têm relacionado estes valores brutos com vários indicadores de saúde, como por exemplo na sarcopenia⁽¹¹⁾ e na avaliação de mudanças na saúde celular durante intervenções de treino^(12, 13), como outra abordagem para superar o problema das equações. Recentemente, uma revisão sistemática de *Vincenzo et al. (2020)*⁽¹⁴⁾ concluiu que o AnF está diminuído em indivíduos sarcopénicos e que a prevalência de sarcopenia é mais alta em sujeitos com valores baixos de AnF. Um ensaio clínico randomizado e controlado⁽¹³⁾ reportou um aumento do AnF em mulheres idosas após 12 semanas de um programa de treino de força, quando comparadas ao grupo controlo. Deste modo, é sugerida a utilização do AnF para avaliar a eficácia de programas de treino de força em indivíduos mais velhos⁽¹²⁾.

Apesar dos parâmetros brutos da IBE serem amplamente utilizados na literatura, existe uma grande variabilidade de aparelhos utilizados. Assim, surge a necessidade de perceber se diferentes aparelhos obtêm resultados semelhantes para o mesmo indivíduo/população. Se existentes, tais discrepâncias podem comprometer a utilização de valores de referência ou pontes de corte criados por dispositivos distintos. *Silva et al. (2019)*⁽¹⁵⁾ encontraram uma falta de concordância transversal numa população altamente ativa entre dois dispositivos na frequência de 50 kHz. Também *Genton et al. (2017)*⁽¹⁶⁾ encontraram valores de AnF significativamente diferentes, entre aparelhos, numa população idosa.

Salienta-se ainda que determinar se diferentes tecnologias de IBE quantificam de forma semelhante as mudanças nos parâmetros brutos pode elucidar acerca da validade destes dispositivos para quantificar as adaptações fisiológicas em resposta a intervenções no estilo de vida ou progressão da doença. Recentemente, *Tinsley et al. (2020)*⁽¹⁷⁾ avaliaram a concordância transversal e longitudinal entre dois aparelhos antes e após 8 semanas de treino de força supervisionado e *Stratton et al. (2021)*⁽¹⁸⁾ investigaram a concordância longitudinal entre quatro dispositivos durante um período de ganho de peso propositado após 6 semanas de treino de força⁽¹⁸⁾. No entanto, até à data, não existe nenhum estudo que avalie a concordância de diferentes aparelhos de IBE na determinação dos parâmetros brutos antes e após uma intervenção de perda de peso.

Objetivo

O objetivo do presente estudo foi avaliar a concordância, transversal e longitudinal, dos dados brutos obtidos por dois dispositivos de IBE em atletas de elite em fase pós-carreira inativos e com sobrepeso ou obesidade.

Metodologia

Participantes

O presente estudo utilizou dados recolhidos no âmbito do projeto *Champ4life*, um ensaio clínico randomizado e controlado com a duração de 1 ano, que visou melhorar a saúde e a qualidade de vida de atletas de alta competição em fase pós-carreira que apresentavam excesso de peso ou obesidade e eram fisicamente inativos. O protocolo, onde podem ser conferidos os critérios de inclusão e de exclusão, pode ser consultado noutra local⁽¹⁹⁾.

Foram incluídos atletas de elite em fase pós-carreira, com idades compreendidas entre 18 e 65 anos, com excesso de peso ou obesidade (Índice de Massa Corporal [IMC] $\geq 25 \text{ kg/m}^2$) e considerados inativos (<20 minutos/dia de atividade física vigorosa pelo menos 3 dias por semana ou <30 minutos/dia de atividade física moderada pelo menos 5 dias por semana⁽²⁰⁾). A amostra inicial incluía noventa e quatro participantes ($n=94$), mas devido à ausência de dados dos parâmetros brutos da IBE, a amostra foi reduzida para cinquenta e nove participantes ($n=59$) para a avaliação transversal na *baseline*.

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa e conduzido de acordo com a declaração de Helsínquia⁽²¹⁾.

Todas as medições foram efetuadas durante a manhã (início às 8h00), após um jejum noturno. Foi ainda solicitada a não realização de atividade física por um período de 12 horas.

Antropometria

A massa corporal foi medida com recurso a uma balança digital (Seca 799, Alemanha) e a estatura com um estadiómetro (Seca, Alemanha) com uma

aproximação de 0,01 kg e 0,1 cm, respetivamente⁽²²⁾. O IMC foi calculado através da fórmula [massa corporal (kg) / estatura² (m²)] tendo sido utilizados os pontos de corte da Organização Mundial de Saúde⁽²³⁾.

Densitometria radiológica de dupla energia (DXA)

De forma a estimar a MG (kg) e a MIG (kg), assim como o conteúdo mineral ósseo (CMO)(kg) foi utilizada a técnica de densitometria radiológica de dupla energia (*Hologic Explorer-W, Waltman, EUA*), como descrito noutra local⁽²⁴⁾.

Impedância Bioelétrica

Os participantes foram instruídos a deitar-se em posição de supinação com os braços e as pernas abduzidos, formando um ângulo de 45°, por um período de 10 minutos antes do teste. Quatro elétrodos (*Akern-Biatrodes/0elb*) foram colocados sobre a superfície dorsal do pé e do tornozelo direito e do pulso e mão direita. Uma corrente alternada na frequência de 50 kHz foi introduzida no eletrodo distal de cada par (elétrodos emissores) e medida usando o eletrodo proximal (eletrodo detetor). As medições foram efetuadas por dois dispositivos distintos, um aparelho de multifrequência espectral (BIS) da *Xitron Technologies* (modelo 4200 B, *San Diego, EUA*) e um aparelho de unifrequência (SF-BIA) da *RJL/Akern Systems* (modelo BIA-101, Itália).

Análise estatística

Foi avaliada a normalidade através do teste Kolmogorov-Smirnov e efetuada a estatística descritiva, apresentada como média (desvio padrão). Para determinar se as avaliações transversais e as alterações longitudinais (Δ = 4 meses - *baseline*) nos valores de R, Xc, Z e AnF diferiam entre os dois dispositivos, foram utilizados testes-t emparelhados para comparar os valores médios obtidos. Foram também

calculados os coeficientes de correlação de Pearson (r) e as diferenças médias (DM) obtidas através da subtração do valor obtido por BIS pelo valor obtido por SF-BIA. Adicionalmente, a concordância entre os aparelhos foi avaliada através do método de Bland-Altman, incluindo a correlação entre a média e a diferença dos métodos para avaliar a existência de viés proporcional, recorrendo ao programa MedCalc® versão 19.6.4.

A análise dos dados foi feita através do programa IBM SPSS Statistics® (SPSS Inc., IBM, USA) versão 27 para Windows®. O nível de significância considerado foi de $p < 0,05$.

Resultados

A caracterização dos participantes e da sua composição corporal na *baseline* ($n=59$) está descrita na tabela 1 (em anexo). Num total de 59 participantes, 25 eram do sexo feminino e 34 do sexo masculino. A média de IMC encontrada na *baseline* foi de 30,5 (4,0) kg/m^2 e a percentagem de gordura corporal, avaliada por DXA, foi de 34,2 (8,3) %, sendo 41,7 (3,9) % no sexo feminino e 28,6 (6,0) % no sexo masculino.

Na análise transversal na *baseline*, a comparação dos parâmetros brutos entre os dois dispositivos pode ser consultada na tabela 2. Quando comparado com a SF-BIA, o aparelho BIS forneceu valores médios significativamente inferiores de R , X_c , AnF e Z a 50 kHz ($p < 0,001$). Foram encontradas diferenças médias de -2,2 (2,1) para a R (Ω), -0,9 (1,1) para a X_c (Ω), -0,1 (0,1) para o AnF ($^\circ$) e -2,1 (2,7) para a Z (Ω).

Tabela 2. Comparação dos parâmetros brutos da IBE na *baseline*.

	Método	Média (desvio padrão) n = 59	p (teste- t)	r	p (r)	DM (desvio padrão)	Bland-Altman	
							LC a 95%	r (entre a média e a diferença dos métodos)
R (Ω)	SF-BIA	503,5 (84,0)	<0,001*	1,000	<0,001	-2,2 (2,1)	-6,3;	-0,213
	BIS	501,2 (83,5)					1,8	(p= 0,106)
Xc (Ω)	SF-BIA	59,7 (8,1)	<0,001*	0,991	<0,001	-0,9 (1,1)	-3,1;	-0,175
	BIS	58,8 (7,9)					1,3	(p= 0,186)
AnF ($^{\circ}$)	SF-BIA	6,8 (0,8)	<0,001*	0,991	<0,001	-0,1 (0,1)	-0,3;	0,051
	BIS	6,7 (0,8)					0,1	(p= 0,700)
Z (Ω)	SF-BIA	507,0 (84,1)	<0,001*	1,000	<0,001	-2,1 (2,7)	-7,3;	-0,003
	BIS	504,9 (84,1)					3,1	(p= 0,981)

R resistência, Xc reactância, AnF ângulo de fase, Z impedância, SF-BIA impedância bioelétrica de unifrequência, BIS impedância bioelétrica de multifrequência espectral a 50 kHz, DM diferença média (obtida pela subtração do valor obtido por BIS pelo valor obtido por SF-BIA), LC a 95% Limites de concordância a 95% (calculado como diferença média $\pm$ 1,96*desvio padrão das diferenças)

*Diferenças estatisticamente significativas, $p < 0,05$

Os gráficos de Bland-Altman exibidos na figura 1 ilustram a concordância entre métodos. A diferença dos métodos foi diferente de zero ($p < 0,001$) para todos os parâmetros. Os limites de concordância a 95% variaram de -6,3 a 1,8 Ω para a R, de -3,1 a 1,3 Ω para a Xc, de -0,28 a 0,14 $^{\circ}$ para o AnF e de -7,3 a 3,1 Ω para a Z. Não foram encontradas correlações significativas entre a média e a diferença dos métodos em nenhum dos parâmetros brutos ($p \geq 0,106$).

Em relação à análise das alterações longitudinais (Δ = 4 meses - *baseline*) dos valores de R, Xc, Z e AnF para toda a amostra que apresentou dados para ambos os momentos (n = 45), a comparação da variação dos parâmetros brutos entre os dois dispositivos pode ser consultada na tabela 3 (em anexo). Quando comparado com a SF-BIA, a BIS forneceu variações médias significativamente inferiores de Xc e AnF a 50 kHz ($p \leq 0,034$). Foram encontradas diferenças médias de -0,1 (3,1) para a ΔR (Ω), 0,8 (2,4) para a ΔXc (Ω), 0,1 (0,2) para a ΔAnF ($^{\circ}$) e -0,1 (3,8) para a ΔZ (Ω).

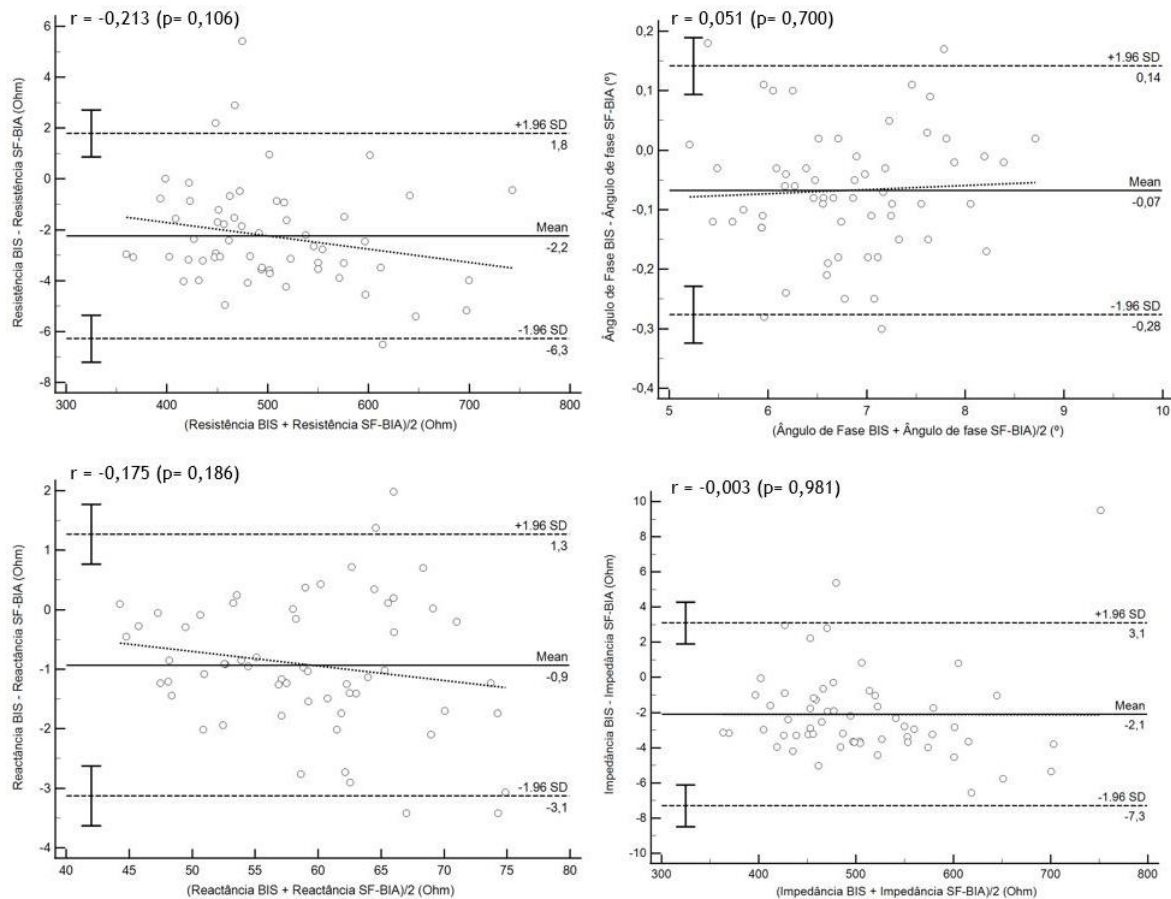


Figura 1. Análise de Bland-Altman da concordância entre os métodos, na *baseline*, para a resistência, reactância, ângulo de fase e impedância. As retas sólidas representam as diferenças médias entre a IBE multifrequência espectral (BIS) a 50 kHz e a IBE unifrequência (SF-BIA). As retas descontínuas superiores e inferiores representam os limites de concordância a 95% ($\pm 1,96$ DP). As linhas de tendência (retas descontínuas ao centro) representam o grau de associação entre a média e a diferença dos métodos, ilustradas pelo coeficiente de correlação de Pearson (r) e a significância (p).

Na tabela 4 e 5 (em anexo), podem ser consultadas as comparações por sexos das variações dos parâmetros brutos entre os dois dispositivos, onde se observa que apenas o sexo feminino obteve variações médias significativamente diferentes entre dispositivos (ΔX_c , $p = 0,019$; ΔAnF , $p = 0,017$).

Os gráficos de Bland-Altman podem ser consultados na figura 2 (em anexo). A diferença dos métodos foi significativamente diferente de zero ($p \leq 0,034$) para a ΔX_c e ΔAnF . Os limites de concordância a 95% variaram de -6,3 a 6,1 Ω para a ΔR ,

de -3,9 a 5,6 Ω para a ΔX_c , de -0,38 a 0,54 $^\circ$ para a ΔAnF e de -7,6 a 7,4 Ω para a ΔZ . Não se verificou a existência de viés proporcional para nenhum dos parâmetros brutos ($p \geq 0,081$).

Foi ainda realizada a análise das alterações longitudinais ($\Delta = 4$ meses - *baseline*) dos valores de R, X_c , Z e AnF para os participantes com uma perda de peso igual ou superior a 2,5% ($n=18$), considerado o valor com potencial de resultar em benefícios de saúde clinicamente significativos⁽²⁵⁾. A comparação dos parâmetros brutos pode ser consultada na tabela 6. A mudança de peso observada nestes participantes foi de -5,4 (3,8) kg, com um mínimo de -18,4 kg e um máximo de -2,4 kg.

Tabela 6. Comparação da variação dos parâmetros brutos da IBE (% perda peso $\geq 2,5\%$).

Método	Média (desvio padrão) n = 18	p (teste- t)	r	p (r)	DM (desvio padrão)	Bland-Altman	
						LC a 95%	r (entre a média e a diferença dos métodos)
ΔR (Ω)	SF-BIA -8,3 (18,6) BIS -9,0 (19,2)	0,248	0,990	<0,001	-0,8 (2,7)	-6,1; 4,6	0,208 (p= 0,408)
ΔX_c (Ω)	SF-BIA -2,0 (3,7) BIS -1,5 (3,4)	0,316	0,845	<0,001	0,5 (1,9)	-3,3; 4,3	-0,136 (p= 0,589)
ΔAnF ($^\circ$)	SF-BIA -0,1 (0,4) BIS -0,1 (0,3)	0,508	0,876	<0,001	0,0 (0,2)	-0,3; 0,4	-0,133 (p= 0,599)
ΔZ (Ω)	SF-BIA -8,4 (18,6) BIS -9,4 (19,1)	0,128	0,991	<0,001	-1,0 (2,6)	-6,1; 4,1	r = 0,206 (p= 0,413)

Δ alterações longitudinais (obtidas pela subtração dos valores aos 4 meses pelos valores na *baseline*), R resistência, X_c reactância, AnF ângulo de fase, Z impedância, SF-BIA impedância bioelétrica unifrequência, BIS impedância bioelétrica de multifrequência espectral a 50 kHz, DM diferença média (obtida pela subtração do valor obtido por BIS pelo valor obtido por SF-BIA), Limites de concordância a 95% calculado como diferença média $\pm 1,96$ *desvio padrão das diferenças.

Não foram encontradas variações médias significativamente diferentes em nenhum dos parâmetros brutos ($p \geq 0,128$) entre dispositivos. Foram encontradas

diferenças médias de -0,8 (2,7) para a ΔR (Ω), 0,5 (1,9) para a ΔX_c (Ω), 0,0 (0,2) para a ΔAnF ($^\circ$) e -1,0 (2,6) para a ΔZ (Ω).

Os respectivos gráficos de Bland-Altman encontram-se na figura 3. Não foram encontradas diferenças entre métodos para nenhum parâmetro ($p \geq 0,128$). Os limites de concordância a 95% variaram de -6,1 a 4,6 Ω para a ΔR , de -3,3 a 4,3 Ω para a ΔX_c , de -0,33 a 0,38 $^\circ$ para a ΔAnF e de -6,1 a 4,1 Ω para a ΔZ . Não se verificou a existência de viés proporcional para nenhum dos parâmetros brutos ($p \geq 0,408$).

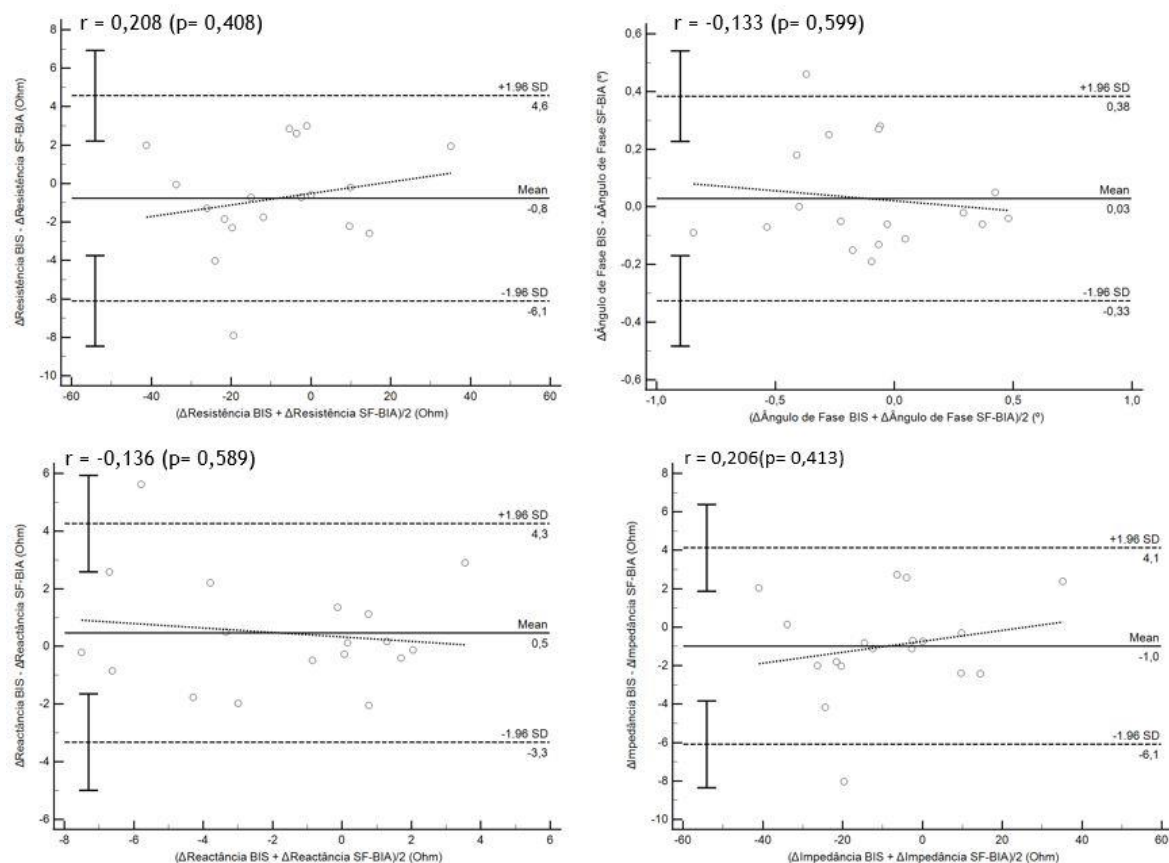


Figura 3. Análise de Bland-Altman da concordância entre os métodos para a alteração (Δ = 4 meses - *baseline*) da resistência, reatância, ângulo de fase e impedância para os participantes com perda de peso igual ou superior a 2,5%. As retas sólidas representam as diferenças médias entre a IBE multifrequência espectral (BIS) a 50 kHz e a IBE unifrequência (SF-BIA). As retas descontinuas superiores e inferiores representam os limites de concordância a 95% ($\pm 1,96$ DP). As linhas de tendência (retas descontinuas ao centro) representam o grau de associação entre a média e a diferença dos métodos, ilustradas pelo coeficiente de correlação de Pearson (r) e a significância (p).

Discussão

O propósito deste estudo foi analisar a concordância transversal e longitudinal entre dois dispositivos de IBE na avaliação da R, Xc, AnF e Z numa amostra de ex-atletas inativos com sobrepeso ou obesidade.

Os principais resultados transversais foram a existência de diferenças significativas entre os dois dispositivos para todos os parâmetros, com o aparelho BIS a fornecer valores médios significativamente inferiores, 0,4% para a R, 1,6% para a Xc, 1,0% para o AnF e 0,4% para a Z. Quando comparados com o coeficiente de variação destes mesmos dispositivos obtido num estudo deste laboratório⁽¹⁵⁾ (SF-BIA: 0,3 e 0,9% para a R e Xc, respetivamente; BIS: 0,6 e 1,5% para a R e Xc, respetivamente), pode observar-se que a maioria dos valores encontrados foram superiores.

Apesar de terem sido observadas correlações fortes ou muito fortes para todos os valores brutos entre a SF-BIA e a BIS, tal não significa que os dois métodos apresentem concordância entre si. Como referido por *Bland e Altman (1986)*⁽²⁶⁾, uma correlação mede a força da relação linear entre duas variáveis e não a concordância entre elas, sendo que dados que apresentem baixa concordância podem estar altamente correlacionados. No entanto, não deixa de ser importante a existência de uma boa correlação entre dois métodos que meçam a mesma variável. No que diz respeito à análise de Bland-Altman, não se verificou a existência de viés proporcional para nenhum dos parâmetros brutos em nenhum dos momentos de análise e os limites de concordância a 95% encontrados são relativamente pequenos e potencialmente aceitáveis.

Tinsley et al. (2020)⁽¹⁷⁾ avaliaram a concordância transversal e longitudinal (Bis, Impedimed SFB7 e MF-BIA, Seca mBCA 515/514) numa amostra de mulheres adultas antes e após 8 semanas de treino de força supervisionado. Contudo, as diferenças encontradas provavelmente refletiram a diferente localização e tipo de elétrodos utilizados, assim como a posição⁽¹⁸⁾. Muitos dos aparelhos disponíveis no mercado utilizam uma posição vertical e elétrodos de contacto. Contudo, sabe-se que as diferentes configurações (posição do corpo, tipo, número e local dos elétrodos) podem explicar parte das discrepâncias. *Dellinger et al. (2021)*⁽²⁷⁾ demonstraram que os dispositivos em que o indivíduo era avaliado em decúbito dorsal e através de elétrodos adesivos (Bis, Impedimed SFB7 e SF-BIA, Quantum V R/L Systems) mostravam melhor concordância que o dispositivo de posição vertical e elétrodos de contacto (MFBIA, Seca mBCA 515/514). Estes resultados podem ser potencialmente explicados pela variação da distribuição dos fluídos corporais devido às diferentes posições do corpo do indivíduo avaliado^(28, 29).

Silva et al. (2019)⁽¹⁵⁾ encontraram uma falta de concordância transversal entre dois dispositivos na frequência de 50 kHz (os mesmos utilizados neste estudo) na determinação individual dos parâmetros brutos, apesar da alta associação observada ao nível de grupo de uma população de adultos ativos e atletas de elite. Os limites de concordância a 95% encontrados pelos autores para R, Xc, AnF e Z foram cerca de 7, 2, 2 e 6 vezes maiores, respetivamente, que os respetivos limites de concordância a 95% encontrados na análise transversal no presente estudo. Estas diferenças encontradas provavelmente refletem as diferentes características da amostra, dado que os participantes de *Silva et al. (2019)*⁽¹⁵⁾ eram fisicamente ativos. Acrescenta-se ainda como possível explicação o facto de ser

mais difícil um atleta cumprir com o requisito de não realização de exercício físico no dia anterior à avaliação.

Os valores brutos obtidos por BIS significativamente inferiores encontrados neste trabalho quando comparados com os obtidos por SF-BIA, também foram observados por outros autores. *Silva et al. (2019)*⁽¹⁵⁾ encontraram também, valores médios de R, Xc e Z obtidos por BIS significativamente inferiores, mas valores médios superiores de AnF⁽¹⁵⁾. *Stratton et al. (2021)*⁽¹⁸⁾, numa amostra de jovens adultos do sexo masculino, encontraram valores inferiores de Xc e AnF obtidos por BIS (Impedimed, SFB7) quando comparado com o dispositivo de SF-BIA (Quantum V, RJL Systems) na pré-intervenção. Embora as diferenças só tenham sido estatisticamente analisadas longitudinalmente e tenham sido utilizados aparelhos distintos do presente estudo e dos dados de *Silva et al. (2019)*⁽¹⁵⁾, parece observar-se uma tendência para os dados brutos obtidos por SF-BIA serem superiores. Também os dados de *Dellinger et al. (2021)*⁽²⁷⁾ confirmam esta tendência para a Xc e AnF.

No que se refere à capacidade de diferentes dispositivos avaliarem a alteração dos parâmetros brutos, o estudo de *Stratton et al. (2021)*⁽¹⁸⁾ demonstrou que apesar das diferenças absolutas, ao nível de grupo os dispositivos com características variáveis mostraram habilidades semelhantes para detetar mudanças na R, Xc e AnF ao longo do tempo. Contudo, salienta-se que os aparelhos que empregavam avaliações em decúbito dorsal apresentaram menores discrepâncias e as discrepâncias dos valores absolutos pareceram ser mais pronunciadas ao examinar o AnF, pois este foi o único parâmetro para o qual nenhum dos métodos estava de acordo. Este achado é de extrema importância,

pois como concluído pelos autores, o AnF é o parâmetro bruto mais reportado e utilizado para comparar indivíduos com valores de referência⁽¹⁸⁾.

Quando se compara os valores de AnF obtidos neste estudo com uma população italiana adulta⁽³⁰⁾, de forma a perceber se os dois dispositivos classificariam de igual forma os indivíduos, salienta-se que ambos os dispositivos classificam os participantes no mesmo sentido. Nos indivíduos com excesso de peso e obesidade grau I os valores do percentil 10 (P10) do AnF são inferiores ao P10 da população de referência mencionada. Já para os indivíduos com obesidade grau II ou superior, também em ambos os aparelhos, os valores do P10 deste estudo são superiores.

Tinsley et al. (2020)⁽¹⁷⁾ concluem também que apesar das diferenças entre os dispositivos observadas na análise transversal, os dispositivos de forma geral exibiram boa concordância ao nível de grupo para quantificar mudanças na R, Xc e AnF. Os estudos apresentados parecem suportar as conclusões deste trabalho de que diferentes dispositivos podem ser usados indistintamente para avaliar a resposta a uma intervenção ao nível de grupo, como por exemplo em intervenções ou em avaliações do impacto de programas comunitários. Porém, discrepâncias significativas ao nível individual são particularmente relevantes quando as mudanças nos parâmetros brutos são avaliadas individualmente, sendo fundamental que um dispositivo seja usado de forma consistente durante todo o período de avaliação.

É importante destacar os pontos fortes do presente estudo. Esta é a primeira investigação a explorar a concordância dos dados brutos obtidos por diferentes aparelhos de IBE em participantes sujeitos a uma intervenção de perda de peso. Salienta-se também que é a primeira vez que a amostra é constituída por

participantes com sobrepeso ou obesidade e de ambos os sexos. Contudo, identificam-se igualmente algumas limitações tais como o baixo tamanho amostral aquando da análise das alterações longitudinais nos participantes com uma perda de peso potencialmente clinicamente significativa, o que pode não ter permitido atingir a significância estatística em determinadas análises. Assim, recomenda-se que futuras investigações sejam realizadas com uma maior amostra de indivíduos com uma perda de peso superior.

Conclusões

Apesar de pequenas diferenças nos valores médios de R, Xc, AnF e Z, ambos os dispositivos parecem poder ser utilizados indistintamente para avaliar a alteração dos parâmetros brutos ao longo do tempo, devido aos limites de concordância a 95% relativamente pequenos e potencialmente aceitáveis e à falta de viés proporcional.

Referências

1. Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, Stewart AD, et al. Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Med.* 2012; 42(3):227-49.
2. Madden AM, Smith S. Body composition and morphological assessment of nutritional status in adults: a review of anthropometric variables. *Journal of Human Nutrition and Dietetics.* 2016; 29(1):7-25.
3. Heymsfield SB, Wang Z, Baumgartner RN, Ross R. Human body composition: advances in models and methods. *Annu Rev Nutr.* 1997; 17:527-58.
4. Withers RT, Laforgia J, Heymsfield SB. Critical appraisal of the estimation of body composition via two-, three-, and four-compartment models. *Am J Hum Biol.* 1999; 11(2):175-85.
5. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr.* 2004; 23(5):1226-43.
6. Mulasi U, Kuchnia AJ, Cole AJ, Earthman CP. Bioimpedance at the bedside: current applications, limitations, and opportunities. *Nutr Clin Pract.* 2015; 30(2):180-93.
7. Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr.* 1985; 41(4):810-7.
8. Lukaski HC. Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research. *Eur J Clin Nutr.* 2013; 67 Suppl 1:S2-9.
9. Geddes LA, Baker LE. The specific resistance of biological material--a compendium of data for the biomedical engineer and physiologist. *Med Biol Eng.* 1967; 5(3):271-93.
10. Ward LC. Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardisation. *Eur J Clin Nutr.* 2019; 73(2):194-99.
11. Gonzalez MC, Barbosa-Silva TG, Heymsfield SB. Bioelectrical impedance analysis in the assessment of sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2018; 21(5):366-74.
12. Sardinha LB. Physiology of exercise and phase angle: another look at BIA. *Eur J Clin Nutr.* 2018; 72(9):1323-27.
13. Souza MF, Tomeleri CM, Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Silva AM, Sardinha LB, et al. Effect of resistance training on phase angle in older women: A randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports.* 2017; 27(11):1308-16.
14. Di Vincenzo O, Marra M, Di Gregorio A, Pasanisi F, Scalfi L. Bioelectrical impedance analysis (BIA) -derived phase angle in sarcopenia: A systematic review. *Clin Nutr.* 2020
15. Silva AM, Matias CN, Nunes CL, Santos DA, Marini E, Lukaski HC, et al. Lack of agreement of in vivo raw bioimpedance measurements obtained from two single and multi-frequency bioelectrical impedance devices. *Eur J Clin Nutr.* 2019; 73(7):1077-83.

16. Genton L, Norman K, Spoerri A, Pichard C, Karsegard VL, Herrmann FR, et al. Bioimpedance-Derived Phase Angle and Mortality Among Older People. *Rejuvenation Res.* 2017; 20(2):118-24.
17. Tinsley GM, Moore ML, Silva AM, Sardinha LB. Cross-sectional and longitudinal agreement between two multifrequency bioimpedance devices for resistance, reactance, and phase angle values. *Eur J Clin Nutr.* 2020; 74(6):900-11.
18. Stratton MT, Smith RW, Harty PS, Rodriguez C, Johnson BA, Dellinger JR, et al. Longitudinal agreement of four bioimpedance analyzers for detecting changes in raw bioimpedance during purposeful weight gain with resistance training. *Eur J Clin Nutr.* 2021
19. Silva AM, Nunes CL, Matias CN, Jesus F, Francisco R, Cardoso M, et al. Champ4life Study Protocol: A One-Year Randomized Controlled Trial of a Lifestyle Intervention for Inactive Former Elite Athletes with Overweight/Obesity. *Nutrients.* 2020; 12(2)
20. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Philadelphia, USA; 2018.
21. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *Jama.* 2013; 310(20):2191-4.
22. Lohman T, Roche AF, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual. Champaign, IL: Human Kinetics Books; 1988.
23. Weir CB, Jan A. BMI Classification Percentile And Cut Off Points. In: *StatPearls.* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021.
24. Santos DA, Gobbo LA, Matias CN, Petroski EL, Gonçalves EM, Cyrino ES, et al. Body composition in taller individuals using DXA: A validation study for athletic and non-athletic populations. *J Sports Sci.* 2013; 31(4):405-13.
25. Reprint: 2013 AHA/ACC/TOS Guideline for the Management of Overweight and Obesity in Adults. *J Am Pharm Assoc* (2003). 2014; 54(1):e3.
26. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986; 1(8476):307-10.
27. Dellinger JR, Johnson BA, Benavides ML, Moore ML, Stratton MT, Harty PS, et al. Agreement of bioelectrical resistance, reactance, and phase angle values from supine and standing bioimpedance analyzers. *Physiol Meas.* 2021
28. Gibson AL, Beam JR, Alencar MK, Zuhl MN, Mermier CM. Time course of supine and standing shifts in total body, intracellular and extracellular water for a sample of healthy adults. *Eur J Clin Nutr.* 2015; 69(1):14-9.
29. Maw GJ, Mackenzie IL, Taylor NA. Redistribution of body fluids during postural manipulations. *Acta Physiol Scand.* 1995; 155(2):157-63.
30. Barrea L, Muscogiuri G, Macchia PE, Di Somma C, Falco A, Savanelli MC, et al. Mediterranean Diet and Phase Angle in a Sample of Adult Population: Results of a Pilot Study. *Nutrients.* 2017; 9(2):151.

Anexos

Índice de anexos

Tabela 1. Características dos participantes na <i>baseline</i>	20
Tabela 3. Comparação da variação dos parâmetros brutos da IBE	21
Figura 2. Análise de Bland-Altman da concordância entre os métodos para a alteração (Δ = 4 meses - <i>baseline</i>) da resistência, reactância, ângulo de fase e impedância	22
Tabela 4. Comparação da variação dos parâmetros brutos da IBE (sexo feminino)	23
Tabela 5. Comparação da variação dos parâmetros brutos da IBE (sexo masculino)	24

Tabela 1. Caraterísticas dos participantes na *baseline*.

	Amostra Total	Feminino	Masculino
	Média (desvio padrão) n = 59	Média (desvio padrão) n = 25	Média (desvio padrão) n = 34
Idade (anos)	43,5 (9,2)	43,7 (8,5)	43,3 (9,8)
Massa corporal (kg)	88,5 (15,3)	81,3 (12,6)	93,8 (15,0)
Estatutura (cm)	170,1 (8,8)	162,9 (5,4)	175,3 (6,9)
IMC (kg/m ²)	30,5 (4,0)	30,6 (4,1)	30,5 (4,0)
Perímetro do braço (cm)	34,7 (3,2)	34,2 (3,3)	35,1 (3,1)
Perímetro da cintura (cm)	101,3 (10,6)	99,0 (10,5)	102,9 (10,4)
Perímetro da anca (cm)	109,3 (8,1)	113,2 (7,9)	106,3 (6,9)
Perímetro crural (cm)	57,5 (5,2)	57,3 (6,1)	57,6 (4,4)
Perímetro geminal (cm)	41,0 (3,4)	40,5 (3,6)	41,4 (3,3)
CMO (kg)	2,7 (0,5)	2,2 (0,3)	3,0 (0,4)
Gordura corporal (kg)	29,7 (8,4)	33,6 (7,1)	26,8 (8,2)
Gordura corporal (%)	34,2 (8,3)	41,7 (3,9)	28,6 (6,0)
MIG (kg)	57,4 (12,5)	46,4 (6,0)	65,5 (9,4)
MIGO (kg)	54,7 (12,1)	44,1 (5,8)	62,6 (9,1)

IMC índice de massa corporal, **CMO** conteúdo mineral ósseo, **MIG** massa isenta de gordura, **MIGO** massa isenta de gordura e osso

Tabela 3. Comparação da variação dos parâmetros brutos da IBE.

	Método	Média (desvio padrão) n = 45	p (teste- t)	r	p (r)	DM (desvio padrão)	Bland-Altman	
							LC a 95%	r (entre a média e a diferença dos métodos)
ΔR (Ω)	SF-BIA	-13,0 (30,9)	0,839	0,995	<0,001	-0,1 (3,1)	-6,3;	-0,107
	BIS	-13,1 (30,6)					6,1	(p= 0,485)
ΔX_c (Ω)	SF-BIA	-2,3 (5,5)	0,024*	0,900	<0,001	0,8 (2,4)	-3,9;	-0,263
	BIS	-1,5 (4,9)					5,6	(p= 0,081)
ΔAnF ($^\circ$)	SF-BIA	-0,1 (0,4)	0,034*	0,785	<0,001	0,1 (0,2)	-0,4;	-0,255
	BIS	0,0 (0,3)					0,5	(p= 0,091)
ΔZ (Ω)	SF-BIA	-13,1 (31,2)	0,852	0,993	<0,001	-0,1 (3,8)	-7,6;	-0,016
	BIS	-13,2 (31,3)					7,4	(p= 0,919)

Δ alterações longitudinais (obtidas pela subtração dos valores aos 4 meses pelos valores na *baseline*), **R** resistência, **Xc** reactância, **AnF** ângulo de fase, **Z** impedância, **SF-BIA** impedância bioelétrica unifrequência, **BIS** impedância bioelétrica de multifrequência espectral a 50 kHz, **DM** diferença média (obtida pela subtração do valor obtido por BIS pelo valor obtido por SF-BIA), **Limites de concordância a 95%** calculado como diferença média $\pm 1,96$ *desvio padrão das diferenças.

*Diferenças estatisticamente significativas, $p < 0,05$

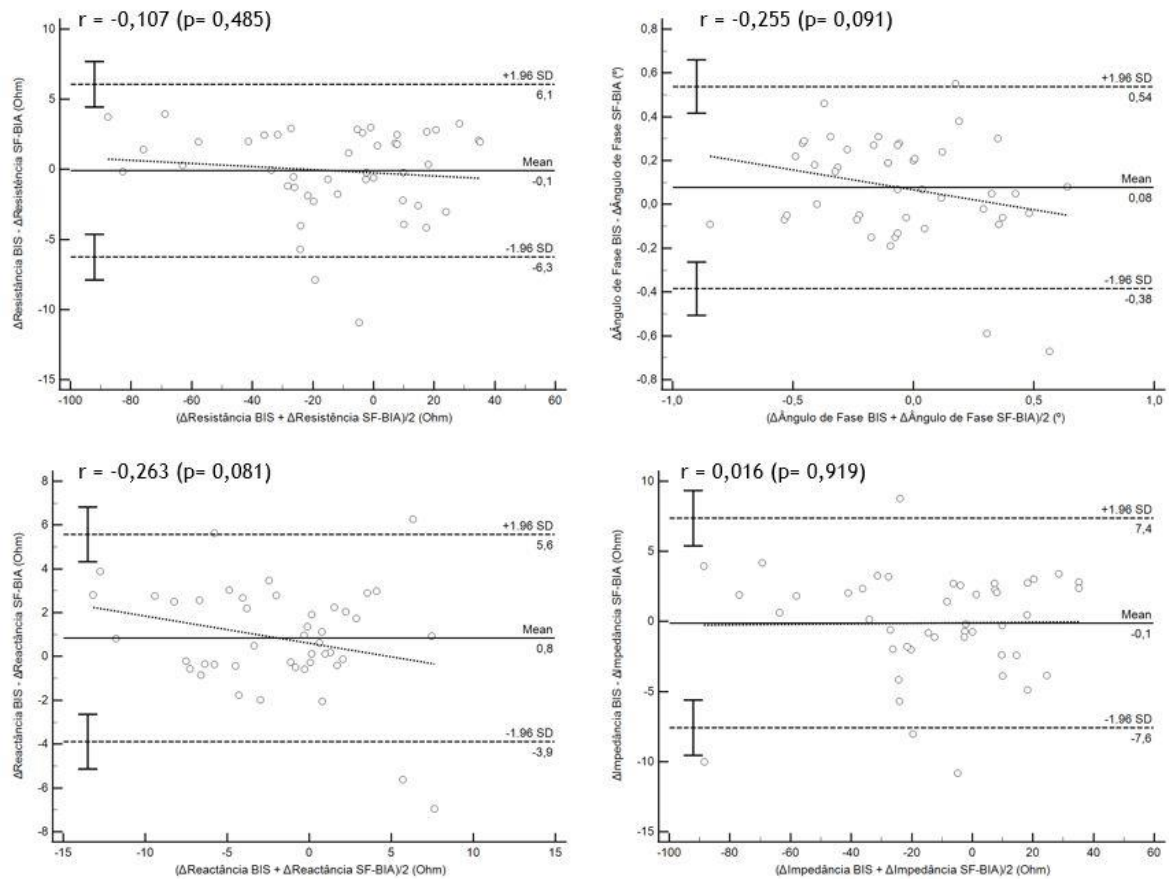


Figura 2. Análise de Bland-Altman da concordância entre os métodos para a alteração ($\Delta = 4$ meses - *baseline*) da resistência, reactância, ângulo de fase e impedância. As retas sólidas representam as diferenças médias entre a IBE multifrequência espectral (BIS) a 50 kHz e a IBE unifrequência (SF-BIA). As retas descontínuas superiores e inferiores representam os limites de concordância a 95% ($\pm 1,96$ DP). As linhas de tendência (retas descontínuas ao centro) representam o grau de associação entre a média e a diferença dos métodos, ilustradas pelo coeficiente de correlação de Pearson (r) e a significância (p).

Tabela 4. Comparação da variação dos parâmetros brutos da IBE (sexo feminino).

Método		Média (desvio padrão) n = 20	p (teste- t)	r	p (r)	DM (desvio padrão)	Bland-Altman	
							LC a 95%	r (entre a média e a diferença dos métodos)
ΔR (Ω)	SF-BIA	-15,3 (35,3)	0,905	0,995	<0,001	-0,1 (3,4)	-6,8;	-0,157
	BIS	-15,4 (34,8)					6,6	(p= 0,509)
ΔXc (Ω)	SF-BIA	-2,8 (6,7)	0,019*	0,915	<0,001	1,6 (2,7)	-3,8;	-0,386
	BIS	-1,2 (5,6)					6,9	(p= 0,093)
ΔAnF ($^{\circ}$)	SF-BIA	-0,1 (0,4)	0,017*	0,800	<0,001	0,1 (0,2)	-0,3;	-0,441
	BIS	0,0 (0,3)					0,6	(p= 0,052)
ΔZ (Ω)	SF-BIA	-15,5 (35,7)	0,660	0,993	<0,001	-0,4 (4,2)	-8,6;	0,116
	BIS	-15,9 (36,2)					7,8	(p= 0,627)

Δ alterações longitudinais (obtidas pela subtração dos valores aos 4 meses pelos valores na *baseline*), **R** resistência, **Xc** reactância, **AnF** ângulo de fase, **Z** impedância, **SF-BIA** impedância bioelétrica unifrequência, **BIS** impedância bioelétrica de multifrequência espectral a 50 kHz, **DM** diferença média (obtida pela subtração do valor obtido por BIS pelo valor obtido por SF-BIA), **Limites de concordância a 95%** calculado como diferença média $\pm 1,96$ *desvio padrão das diferenças.

*Diferenças estatisticamente significativas, $p < 0,05$

Tabela 5. Comparação da variação dos parâmetros brutos da IBE (sexo masculino).

Método		Média (desvio padrão) n = 25	p (teste- t)	r	p (r)	DM (desvio padrão)	Bland-Altman	
							LC a 95%	r (entre a média e a diferença dos métodos)
ΔR (Ω)	SF-BIA	-11,1 (27,5)	0,871	0,994	<0,001	-0,1 (3,4)	-6,0;	-0,050
	BIS	-11,2 (27,4)					5,8	(p= 0,811)
ΔX_c (Ω)	SF-BIA	-2,0 (4,5)	0,514	0,899	<0,001	0,3 (2,0)	-3,7;	-0,310
	BIS	-1,7 (4,4)					4,2	(p= 0,643)
ΔAnF ($^\circ$)	SF-BIA	-0,1 (0,4)	0,602	0,808	<0,001	0,0 (0,2)	-0,4;	-0,113
	BIS	-0,1 (0,3)					0,5	(p= 0,592)
ΔZ (Ω)	SF-BIA	-11,2 (27,7)	0,843	0,992	<0,001	0,1 (3,6)	-6,8;	-0,118
	BIS	-11,1 (27,3)					7,1	(p= 0,575)

Δ alterações longitudinais (obtidas pela subtração dos valores aos 4 meses pelos valores na *baseline*), **R** resistência, **Xc** reactância, **AnF** ângulo de fase, **Z** impedância, **SF-BIA** impedância bioelétrica unifrequência, **BIS** impedância bioelétrica de multifrequência espectral a 50 kHz, **DM** diferença média (obtida pela subtração do valor obtido por BIS pelo valor obtido por SF-BIA), **Limites de concordância a 95%** calculado como diferença média $\pm 1,96$ *desvio padrão das diferenças.

