



IRINA SIDOINE SOSSOU

**REPRODUTIBILIDADE DA MEDIDA DA COMPOSIÇÃO
CORPORAL POR BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA**

LAVRAS - MG

2023

IRINA SIDOINE SOSSOU

**REPRODUTIBILIDADE DA MEDIDA DA COMPOSIÇÃO CORPORAL POR
BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA
REPRODUCIBILITY OF BODY COMPOSITION MEASUREMENT BY
ELECTRICAL BIOIMPEDANCE**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Nutrição e Saúde
para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Osvaldo Costa Moreira

Orientador

Dr. Cláudia Eliza Patrocino De Oliveira

Co-orientadora

LAVRAS – MG

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

SOSSOU, Irina Sidoine.

Reprodutibilidade da medida da composição corporal por
bioimpedância elétrica. / Irina Sidoine Sossou. - 2023.

61 p. : il.

Orientador(a): Osvaldo Costa Moreira.

Coorientador(a): Cláudia Eliza Patrocino De Oliveira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Bioimpedância elétrica (BIA. 2. Composição corporal. 3.
Confiabilidade. I. Moreira, Osvaldo Costa. II. De Oliveira, Cláudia
Eliza Patrocino. III. Título.

IRINA SIDOINE SOSSOU

**REPRODUTIBILIDADE DA MEDIDA DA COMPOSIÇÃO CORPORAL POR
BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA
REPRODUCIBILITY OF BODY COMPOSITION MEASUREMENT BY
ELECTRICAL BIOIMPEDANCE**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Nutrição e Saúde
para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 23 de Maio de 2023.

Dr. Osvaldo Costa Moreira – UFV

Dr. Cláudia Eliza Patrocino De Oliveira - UFV

Dr. Renata Aparecida Rodrigues De Oliveira - UNIFAGOC

Prof. Dr. Osvaldo Costa Moreira

Orientador

Dr. Cláudia Eliza Patrocino De Oliveira

Co-orientadora

LAVRAS – MG

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus e a sua santíssima mãe pelas graças e por me guiar todos esses anos no Brasil longe da minha família.

À minha mãe Marguerite KADJA que sempre sonhou e lutou por mim, oferecendo todo suporte, amor, carinho e me auxiliando nas horas de desespero com todos os meus familiares materno.

Aos professores Osvaldo e Cláudia por ser luz e benção do meu mestrado em todos os planos durante esses dois anos, sabendo passar os conhecimentos com sabedoria, sensibilidade, leveza e muito amor (os melhores orientador e co- orientador). Agradeço vocês por tornar cada momento mais leve, inspirando a crescer e acreditar nessa profissão.

À minha banca, a professora Renata pela disponibilidade, contribuição, conhecimento e toda suas experiências passados a mim nesse momento importante da minha vida.

Aos meus amigos africanos de Benim, Cabo Verde, Congo, Gabon, Gana et Moçambique que hoje são família, aqueles de Lavras e da UFLA que de alguma forma fizeram parte deste momento especial.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela oportunidade.

Obrigada a todos vocês !

RESUMO

A tecnologia na área da saúde está se expandindo cada vez mais e com possibilidades promissoras, sendo aplicadas no dia a dia nas clínicas, consultórios e hospitais, ajudando assim a melhorar o atendimento e os cuidados com o paciente. A bioimpedância elétrica (BIA), por exemplo, é um aparelho bastante usado por informar sobre a composição corporal do paciente, ajudando o profissional de saúde a tomar decisões no processo de prevenção/tratamento de doenças. Além da facilidade em ser manipulada e aplicada e do baixo custo desse método, é necessário um bom conhecimento do profissional tanto no manuseio do aparelho, quanto na orientação que deveria ser passada ao paciente antes da realização do exame, a fim de minimizar os eventuais erros. Por isso, essa dissertação teve como objetivo, mostrar os fatores determinantes na reprodutibilidade da avaliação da composição corporal pela BIA em relação ao sexo e o seguimento de protocolos prévios para a realização do exame. Para tanto, a mesma foi dividida em dois capítulos. O Capítulo 1 é um artigo de revisão de literatura que teve por objetivo descrever o uso da BIA, discutir os diferentes tipos de aparelho, apresentar sua ideia central, seus principais aspectos metodológicos e a validade das suas medidas. Assim, observou-se que os aparelhos de BIA além de categorizar-se ou pelo número de eletrodos usados, pela região submetida à avaliação ou pela frequência usada, funcionam na oposição da resistência e da reactância. Algumas situações clínicas requerem cuidado mais criterioso do avaliador na interpretação dos resultados para redução de possíveis erros. Já o capítulo 2 procurou determinar a reprodutibilidade da medida de composição corporal por BIA, bem como, comparar os resultados entre sexos e entre condições metodológicas diferentes (seguindo e não seguindo as recomendações prévias para realização do teste). Foi concluído que independentemente da preparação prévia ou não entre sexo para o teste, a BIA teve uma boa confiabilidade pelos valores de CCI (coeficiente de correlação interclasse), porém, sem o respeito das recomendações prévias para a realização do exame a reprodutibilidade pelo CV (coeficiente de variação) estatisticamente não foi significativo e com maiores variações nas mulheres. É recomendado, portanto, o seguimento das recomendações para aumentar a confiabilidade e a reprodutibilidade para quase todas as variáveis da composição corporal.

PALAVRAS-CHAVES: Bioimpedância elétrica (BIA); Composição corporal; Confiabilidade; CCI; CV; Sexo; Condições metodológicas.

ABSTRACT

Technology in healthcare is expanding progressively and with promising possibilities, being applied in everyday life in clinics, offices and hospitals, thus helping to improve patient care. Bioelectrical impedance (BIA), for example, is a device that is widely used to inform about the patient's body composition, helping the health professional to make decisions in the process of disease prevention/treatment in addition to the ease of handling, application, and the low cost of this method, it is necessary for the professional to have good knowledge both in handling the device and in the guidance that should be given to the patient before the examination is carried out, in order to minimize any errors. Therefore, this dissertation aimed to show the determining factors in the reproducibility of the body composition assessment by BIA in relation to sex and the follow-up of previous protocols for the examination. Therefore, it was divided into two chapters. Chapter 1 is a literature review article that aimed to describe the use of BIA, discuss the different types of device, present its central idea, its main methodological aspects and the validity of its measurements. Thus, it was observed that the BIA devices, in addition to categorizing themselves either by the number of electrodes used, by the region submitted to evaluation or by the frequency used, function in the opposition of resistance and reactance. Some clinical require more judicious care from the evaluator in the interpretation of the results to reduce possible errors. Chapter 2 sought to determine the reproducibility of the body composition measurement by BIA, as well as to compare the results between genders and different methodological conditions (following and not following the previous recommendations for executing the test). It was concluded that, regardless of previous preparation or not between genders for the test, the BIA had a good reliability for the ICC Values (interclass mobility coefficient), however, without respecting the previous recommendations for carrying out the exam, the reproducibility for the CV (coefficient of variation) was statistically not significant and with greater variations in the women. Therefore, it is recommended to follow the recommendations to increase reliability and reproducibility for almost all body composition variables.

KEYWORDS: Bioelectrical impedance (BIA); Body composition; Reproducibility; CCI; CV; Sex; Methodological conditins

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Resultados para a confiabilidade e a reprodutibilidade da medida da composição corporal por bioimpedância elétrica, sem preparação prévia para o teste 30
- Tabela 2 - Resultados para a confiabilidade e a reprodutibilidade da medida da composição corporal por bioimpedância elétrica, com preparação prévia para o teste 31
- Tabela 3 - Resultados para a confiabilidade e a reprodutibilidade da medida da composição corporal por bioimpedância elétrica, sem preparação prévia para o teste, segmentados por sexo.....33
- Tabela 4 - Resultados para a confiabilidade e a reprodutibilidade da medida da composição corporal por bioimpedância elétrica, com preparação prévia para o teste, segmentados por sexo.....34

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	10
REFERÊNCIAS	12
ARTIGO I	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. ESTRATÉGIA DE BUSCA DOS ARTIGOS	16
3. PRINCÍPIOS BIOFÍSICOS DA BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA	16
4. DIFERENTES TIPOS DE APARELHO DA BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA.....	18
5. ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA MEDIDA DA COMPOSIÇÃO CORPORAL POR BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA	19
6. VALIDADE E APLICABILIDADE DAS MEDIDAS DA COMPOSIÇÃO CORPORAL POR BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA	20
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERÊNCIAS	24
ARTIGO II	29
1. INTRODUÇÃO	30
2. MÉTODOS	32
3. RESULTADOS.....	35
4. DISCUSSÃO	41
5. CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
ANEXOS.....	51

INTRODUÇÃO GERAL

Dentre os métodos utilizados para avaliação da composição corporal, está a Bioimpedância elétrica (BIA), um método duplamente indireto que permite a avaliação da composição corporal através da sensibilidade hidroelétrica humana, mensurando a água corporal total, a água intra e extracelular, a massa gorda e a massa livre de gordura (Ward, 2019).

O interesse pela composição corporal vem crescendo consideravelmente e o uso da BIA (Biompedância elétrica) vem sendo utilizada como uma ferramenta valiosa pois, os resultados que ela oferece além de ter uma relação com o aumento ou não da gordura corporal, pode-se fazer uma interpretação delas sobre as desordens metabólicas e doenças crônicas não transmissíveis como o diabetes, a hipertensão arterial e as dislipidemias (Barbosa et al., 2001; Janssen et al., 2004).

Os resultados obtidos são possíveis pela associação de biomarcadores como Resistência, Reatância, Impedância e Ângulo de Fase, que por sua vez, são influenciados pelo sexo, idade e condições ambientais (Molina-Garcia et al., 2019; Ward, 2019; Yacoob Aldosky et al., 2018). Além disto, todos esses componentes por análise da resistividade e do ângulo de fase permitem avaliar de forma ampla a integridade da membrana celular e obter resultados de forma rápida, prática, minimamente invasivas e não letais, a partir da passagem de uma corrente elétrica de baixa voltagem (Lyons-Reid et al., 2020; Smith et al., 2009; Song et al., 2018). Por ser mais acessível financeiramente e de fácil aplicabilidade, a BIA é a mais indicada em estudos de avaliação da composição corporal com grande número de indivíduos (Talma et al., 2013; Aandstad et al., 2014; Kabiri et al., 2015). O tempo de teste reduzido e o relatório imediato dos resultados fornecidos pelos aparelhos de BIA promovem seu amplo uso na prática clínica (Talma et al., 2013; Aandstad et al., 2014).

A BIA vem sendo usada para estimar a composição corporal e o estado nutricional de indivíduos saudáveis, e em diversas situações clínicas, como desnutrição, traumas, câncer, pré e pós-operatório, hepatopatias, insuficiência renal, gestação, bem como em crianças, idosos e atletas (Barbosa-Silva et al., 2005; Gupta et al., 2004; Gupta et al., 2009).

No entanto, a diferença na abordagem estatística para quantificar o viés de medição pode fornecer resultados inconsistentes (Talma et al., 2013; Mclester et al., 2018; Volgyi et al., 2008). Assim, a aplicação na prática dos protocolos de BIA pode ficar prejudicada, devido a variedades de aparelhos, comercializados com garantia de validade e

confiabilidade, não confirmado por pesquisas de forma geral. Isso pode levar a dúvidas sobre os resultados obtido por meio desse método, uma vez que, podem ser influenciados pela idade, sexo e estado de treinamento e/ou de saúde. Por isso, é importante considerar a validade pré- intervenção e consistência de medição (confiabilidade) dos sistemas usados nas variáveis de composição corporal derivadas da BIA (Talma et al., 2013; Fosbol e Zerahn,2015; Mclester et al., 2018; Volgyi et al., 2008).

Nesse sentido, através dos resultados dessa pesquisa, pretende-se obter do ponto de vista técnico-científico, informações que pretendem contribuir para o esclarecimento sobre a reprodutibilidade das medidas da composição corporal por BIA entre sexos e condições prévias, o que poderá se desdobrar em sua utilização em diferentes contextos, como avaliação pré e pós-intervenção. Também, do ponto de vista tecnológico e social, teria um potencial impacto na atuação dos profissionais de saúde, uma vez que as informações geradas serviriam para balizar a utilização desse aparelho e a interpretação de seus resultados visando a minimizar os erros.

Para isso, estruturou-se o presente trabalho em dois capítulos, com o objetivo de mostrar os fatores determinantes na confiabilidade e reprodutibilidade da avaliação da composição corporal pela BIA em relação ao sexo e o seguimento de protocolos prévios para a realização do exame.

REFERÊNCIAS

- AANDSTADA Anders *et al.* **Validity and reliability of bioelectrical impedance analysis and skinfold thickness in predicting body in military personnel.** Medicina militar, 2014.
- BARBOSA Aline Rodrigues, *et al.* **Comparação da gordura corporal de mulheres idosas segundo antropometria, bioimpedância e DEXA.** Arch Latinoam Nutr, 2001.
- JANSSEN, Ian *et al.* **Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women.** Am J Epidemiol, 2004.
- BARBOSA-SILVA, Maria Cristina. **Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex.** Am J Clin Nutr, 2005.
- FOSBOL, Marie; ZERAHN, Bo. **Métodos contemporâneos de medição da composição corporal.** 35 (2):81–97. Clin Physiol Funct Imaging, 2015.
- GUPTA D, Lammersfeld *et al.* **Bioelectrical impedance phase angle in clinical practice: implications for prognosis in advanced colorectal cancer.** Am J Clin Nutr, 2004.
- GUPTA, Digant *et al.* **Bioelectrical impedance phase angle in clinical practice: implications for prognosis instage IIIB and IV non-small cell lung cancer.** BMC Câncer. 2009;
- KABIRI, Laura S *et al.* **Confiabilidade, Validade e Valor Diagnóstico de uma Escala Pediátrica de Análise de Impedância Bioelétrica.** Obesidade infantil (Impressão), 2015.
- LYONS-REID, Jaz *et al.* **Bioelectrical impedance analysis—an easy tool for quantifying body composition in infancy?** v. 12, n. 4, p. 1–10. Nutrients, 2020.
- MCLESTER, Cherilyn *et al.* **Confiabilidade e concordância de vários analisadores de composição corporal InBodyem comparação com a absorciometria de raios-X de dupla energia em homens e mulheressaudáveis.** J Clin Densitom, 2018.
- MOLINA-GARCIA, Pablo *et al.* **Fatness and fitness in relation to functional movementquality in overweight and obese children.** v. 37, n. 8, p. 878– 885. Journal of Sports Sciences, 2019.
- SMITH, David I *et al.* **Precision and accuracy of bioimpedance spectroscopy for determination of in vivo body composition in rats.,** v. 7, n. 1, p. 21–26, International journal of body composition research, 2009.
- SONG, Jiali *et al.* **Electrical Impedance Changes at Different Phases of Cerebral Edemain Rats with Ischemic Brain Injury.** BioMed Research International, 2018.
- TALMA, Hendler *et al.* **Análise de bioimpedância elétrica para estimar a**

composição corporal em crianças e adolescentes: uma revisão sistemática e avaliação de evidências de validade, responsividade, confiabilidade e erro de medida. *Obesidade revisões: um jornal oficial da Associação Internacional para o Estudo da Obesidade*, 2013.

VOLGYI, Eszter *et al.* **Avaliação da composição corporal com DXA e bioimpedância: efeitos da obesidade, atividade física e idade.** *Obesidade* (Silver Spring, Md), 2008.

WARD, Leigh C. **Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardisation.** *European Journal of Clinical Nutrition*, 2019.

YACOOB, Aldosky *et al.* **Regional body fat distribution assessment by bioelectrical impedance analysis and its correlation with anthropometric indices.** *Physics in medicine*, v. 5, n. February, p. 15–19, 2018.

ARTIGO I**BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA NA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL: UMA REVISÃO NARATIVA DOS PRINCÍPIOS BIOFÍSICOS, DIFERENTES TIPOS, ASPECTOS METODOLÓGICOS, VALIDADE E APLICABILIDADE DE SUAS MEDIDAS¹**

¹ Artigo publicado na Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento, 2022;16(102):596-6

1. INTRODUÇÃO

A avaliação nutricional dos pacientes é um diagnóstico necessário e importante que determina a conduta do profissional de saúde. As condições de certos pacientes, principalmente os acamados, levaram Eickemberg et al. (2011) a criar uma ferramenta de diagnóstico nutricional: a Bioimpedância (BIA). Por ela, pode se obter o ângulo de fase (AF) que relacionado com o equilíbrio celular indica tanto o prognóstico em pacientes críticos que a gravidade da doença (Albert et al., 2021).

Para usá-lo, é importante que os profissionais das ciências da saúde conheçam as características dos diferentes métodos de avaliação e análise da composição corporal, uma vez que mudanças nesta têm relação direta com o estado de saúde do sujeito e com o aumento, ou a diminuição, do risco de desenvolvimento de doenças crônicas degenerativas (Moreira et al., 2015).

O método de avaliação da composição corporal baseado na BIA parte do princípio da condutividade da água no corpo e da sua variação nos diferentes compartimentos (Lee, Gallagher, 2008). Enquanto a massa livre de gordura apresenta uma boa condução elétrica, por possuir elevada concentração de água e eletrólitos, a massa gorda não é boa condutora elétrica (Sant'anna, Priore, Franceschini, 2009).

Os estudos de BIA baseiam-se na estreita relação entre as propriedades elétricas do corpo humano, a composição corporal dos diferentes tecidos e do teor total de água no corpo. Como todos os métodos indiretos de estimativa de composição corporal, a BIA depende de algumas premissas relacionadas às propriedades elétricas do corpo, sua composição e estado de maturação, nível de hidratação, idade, sexo, raça e condição física (Eaton, Eaton, 2017; Martin Castellanos et al., 2017; Minn, Suk, 2017).

No entanto, a confiabilidade e a precisão deste método podem ser influenciadas por vários fatores, como o tipo de instrumento, pontos de colocação dos eletrodos, nível de hidratação, dieta, ciclo menstrual, temperatura ambiente e a equação de predição utilizada, que, em geral, está próxima a $r^2=0,84$, quando comparada a um método de referência (DXA) (Lee, Gallagher, 2008; Mattson, Thomas, 2006).

Assim, o objetivo desse trabalho é revisar o uso da BIA na avaliação da composição corporal, com foco em discutir os diferentes tipos de BIA, apresentar sua ideia central, seus principais aspectos metodológicos e a validade das medidas que ela apresenta.

2. ESTRATÉGIA DE BUSCA DOS ARTIGOS

As buscas dos artigos foram feitas em bases científicas como PubMed, Scopus, Scielo e Google Acadêmico, sem restrição de data. Foram usadas na pesquisa, termos como: bioimpedância elétrica/Bioelectrical impedance; Composição corporal/ body composition; tipos de BIA/ Types of Bioelectrical impedance; funcionamento da BIA/functioning of Bioelectrical impedance e validade da BIA/ Validity of Bioelectrical impedance. Foram considerados todos os artigos em inglês e português, narrativos como sistemáticos e com ênfase em seres humanos, sem descartar os artigos originais. Após leitura do título e do resumo, todos os artigos repetitivos ou não específicos a nossa temática foram descartados. A partir de então, procedeu-se a leitura do trabalho completo para obtenção de informações relevante e claras, que pudessem contribuir e elucidar o objetivo proposto no presente trabalho.

3. PRINCÍPIOS BIOFÍSICOS DA BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA

Para avaliar a composição corporal, a BIA usa a técnica de análise dos níveis de condução elétrica nos tecidos biológicos diante de várias frequências de correntes elétricas. Segundo Guedes (2013), o corpo humano é utilizado como um circuito elétrico, sendo a massa livre de gordura um condutor de corrente elétrica devido à concentração de água e eletrólitos.

Heyward e Stolarczyk (2000) explicam que, as propriedades elétricas dos tecidos são estudadas desde 1871, mas as evidências sobre o funcionamento da BIA apareceram somente em 1970, com uma variedade de aparelhos postos no mercado. De fato, a BIA é um método não invasivo, rápido, prático e indolor que se baseia na passagem de corrente elétrica de baixa intensidade através do corpo e a impedância (Z), ou oposição ao fluxo da corrente, que se mede pelo analisador. Com ele, pode se mensurar a água corporal total (ACT), pois os eletrólitos são excelentes condutores de corrente elétrica. Quanto maior o teor de água, mais facilmente a corrente flui. Assim, o tecido adiposo com 80% de gordura, é um mal condutor de corrente elétrica com maior resistência (R) quando o comparamos a massa corporal magra (MCM), que em situações estáveis contém 73% de água, apresentando, conseqüentemente, uma menor resistência à passagem da corrente elétrica (Heyward e Stolarczyk, 2000).

Em sistemas biológicos, a corrente elétrica é transmitida pelos íons diluídos nos fluidos corporais, especificamente íons de sódio e potássio. Os tecidos magros são

altamente condutores de corrente elétrica devido à grande quantidade de água e eletrólitos, ou seja, apresentam baixa resistência à passagem da corrente elétrica. Por outro lado, a gordura, o osso e a pele constituem um meio de baixa condutividade, apresentando, portanto, elevada resistência (Kamimura et al., 2004; Kyle et al., 2004).

Entrando em mais detalhes, Heyward e Stolarczyk (2000) explicam que quando a corrente elétrica começa a ser gerada no corpo humano, dois componentes se opõem: a resistência (R) e a reactância (Xc). A resistência é definida então como a capacidade de uma substância se opor à passagem de corrente elétrica e a reactância, a medida da habilidade de cada material de “atrasar” a corrente elétrica.

As membranas celulares do corpo humano podem armazenar energias por pequenos períodos de tempo “atrasando ou não” a corrente elétrica; ou funcionar como “resistores”, dependendo da frequência da corrente aplicada. A baixas frequências (~1kHz), as correntes elétricas não conseguem passar pelas membranas celulares, funcionando então como “resistores” podendo apenas o fluido extracelular ser medido. Em frequências maiores, a corrente elétrica atravessa as membranas celulares permitindo as medidas de impedância dentro e fora das células. Já a reactância se relaciona com o balanço hídrico extra e intracelular da membrana celular (Heyward e Stolarczyk, 2000).

Explicando sempre o modo de funcionamento da BIA para avaliação da composição corporal, Kyle et al. (2004) mostram que é possível basear-se num modelo de condutor cilíndrico, com comprimento e área transversal uniforme e homogêneo, ao qual o corpo humano se assemelha.

Pela literatura, o volume do cilindro, assim como do corpo humano, é diretamente relacionado com a impedância total do corpo e através dela, se estima então a composição corporal pela estatura ao quadrado, dividida pela resistência ($V = \text{estatura}^2 / R$). A impedância à corrente através do corpo é relacionada diretamente ao comprimento do condutor e inversamente à sua área transversal (Kyle et al., 2004).

Dessa forma, os tecidos corporais através das oposições à passagem da corrente elétrica determinam a funcionalidade da BIA, que é denominada de impedância (Z) (Kyle et al., 2004). Ela se constitui de dois vetores: R (resistência) e Xc (reatância), sendo que o vetor R mede a oposição ao fluxo da corrente elétrica através dos meios intra e extracelular do corpo, estando diretamente associado ao nível de hidratação desses meios; e o vetor Xc mede a oposição ao fluxo da corrente causada pela capacitância produzida pela membrana celular (Kyle et al., 2004).

4. DIFERENTES TIPOS DE APARELHO DA BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA

Existem diferentes tipos de aparelhos de BIA disponíveis no mercado: aqueles que variam entre o número de eletrodos e os que são diferenciados pela posição em que são colocados (são as posições pé-mão, pé-pé ou mão-mão). Os que usam somente as mãos ou os pés, em geral, são utilizados como aparelhos domésticos, pela sua maior facilidade de uso (Carvalho et Neto, 1999).

Os aparelhos de BIA também podem ser classificados quanto à região do corpo submetida ao exame ou tipo de frequência utilizada. Quanto à região examinada, a BIA poderá ser considerada: “regional” se a corrente atravessa apenas a porção superior ou inferior do corpo (como, por exemplo, mão-mão ou pé-pé); “total” no caso em que a corrente atravessa todo o corpo ou “segmentar” quando é apenas um segmento corporal ou membro que está sendo avaliado (Carvalho et Neto, 1999; Rodrigues et al., 2001).

Já quanto ao tipo de frequência utilizada, a BIA pode ser considerada de frequência única (50 kHz) ou multifrequencial (frequências de 5 a 1000 kHz) (Carvalho et Neto, 1999; Rodrigues et al., 2001).

Na literatura, observam-se avaliações da composição corporal pela BIA realizadas no corpo inteiro, com o modelo tetra polar, em que o avaliado deitado em decúbito dorsal teria os eletrodos colocados em locais bem definidos após limpeza com álcool. Um eletrodo emissor é colocado próximo à articulação metacarpofalangeana da superfície dorsal da mão direita e o outro do lado distal do arco transversal da superfície superior do pé direito. Um eletrodo detector é colocado entre as proeminências distais do rádio e da ulna do punho direito e o outro entre os maléolos, medial e lateral do tornozelo direito (Carvalho et Neto, 1999; Rodrigues et al., 2001).

Existem também, medidas da composição corporal pela BIA de membros superiores, em que o participante fica de pé, segurando nos sensores metálicos do aparelho, tem os seus cotovelos estendidos e os seus braços formando um ângulo de 90°, em relação ao tronco (Rodrigues et al., 2001). Enquanto outras avaliações são realizadas pelos membros inferiores, feitas por balança, permanecendo o avaliado com os pés descalços e em posição ereta sobre a plataforma com sensores metálicos, conforme descrito no manual do aparelho (Rodrigues et al., 2001). Existem ainda, aqueles aparelhos que utilizam sensores metálicos nas mãos e nos pés, sendo uma

mescla dos dois aparelhos citados anteriormente.

5. ASPECTOS METODOLOGICOS PARA MEDIDA DA COMPOSIÇÃO CORPORAL POR BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA

Uma variedade de aparelhos de BIA tornou-se comercialmente disponível a partir da década de 1990. No intuito de melhorar a validade das medidas desses aparelhos e minimizar os erros de medida, existem condutas e protocolos que devem ser observados, quando da realização da avaliação da composição corporal por BIA.

A Sociedade Europeia de Nutrição Clínica e Metabolismo [European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN, 2004)], em seu protocolo para avaliação da composição corporal por BIA, recomenda de forma geral que devam ser observados alguns procedimentos, antes da realização das medidas para todos os aparelhos, sendo eles: (1) calibrar regularmente o aparelho; (2) manter os elétrodos em sacos fechados e protegidos do calor e da umidade; (3) realizar o exame em posição supina; (4) obedecer jejum prévio de 8 horas; (5) se abster de consumir bebidas alcoólicas por, pelo menos, 8 horas antes do exame; (6) não realizar exercícios físicos ou sauna por, pelo menos, 8 horas antes do exame; (7) esvaziar a bexiga antes do exame; (8) controlar a temperatura do ambiente (em torno de 22°C); (9) limpar a pele com álcool e certificar que a mesma não apresente lesões; (10) observar uma distância mínima de 5cm entre os elétrodos; (11) afastar os braços do tronco em um ângulo de 30° e pernas a 45° (em obesos, usar material isolante entre as pernas, como toalhas); (12) não ter contacto com nenhuma superfície metálica durante o exame; (13) em estudos longitudinais, realizar o exame no mesmo horário; (14) observar a fase do ciclo menstrual; (15) não realizar o exame em indivíduos portadores de marca-passo; (16) em pacientes com insuficiência cardíaca, realizar as medições somente em pacientes estáveis.

Também, por ser um exame sensível à presença de água no corpo, a análise da composição corporal por BIA deve seguir uma padronização do seu método, a fim de se minimizar os possíveis erros de medida. Na literatura, é possível ver outras orientações para que essa avaliação ocorra de maneira mais precisa e confiável (Kyle e Al.; 2004). Dentre as indicações tem-se que: (1) avaliador deve aferir a estatura e a massa corporal dos avaliados no momento do exame; (2) o avaliado deve estar em decúbito dorsal, descalço e com os membros inferiores afastados, ficando os pés

distantes um do outro em cerca de 30 cm. A dificuldade de afastar a coxa de pessoas obesas (mórbidas) pode ser um fator de dificuldade de análise dos resultados; (3) o avaliado deve permanecer em repouso por, pelo menos, 10 minutos antes do exame; (4) o avaliado deve, sempre que possível, retirar todos os objetos de metal que esteja fazendo uso; (5) os elétrodos/sensores devem ser uniformemente posicionados; (6) todo uso de medicamentos diuréticos deve ser suspenso no mínimo 24 horas antes da realização do teste; (7) medicamentos que causem retenção hídrica, se possível, devem ser retirados para a realização do exame.

6. VALIDADE E APLICABILIDADE DAS MEDIDAS DA COMPOSIÇÃO CORPORAL POR BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA

A BIA tem sido validada para estimar a composição corporal e o estado nutricional de indivíduos saudáveis ou não em diversas situações clínicas (Barbosa-Silva et al., 2005; Gupta et al.; 2004), como situações de desnutrição, traumas, câncer, pré e pós-operatório, hepatopatias, insuficiência renal, gestação, bem como em crianças, idosos e atletas.

Apesar da BIA ser indicada como um método preciso e confiável, discutem-se, na literatura, possíveis causas que dificultam o estabelecimento de um consenso acerca de seu uso, pois resultados obtidos em determinadas pesquisas revelam-se algumas vezes discrepantes (Jambassi Filho et al.;2010).

Existem dúvidas quanto à fidedignidade / precisão / confiabilidade da técnica da BIA, em relação a outros recursos ou métodos considerados referenciais que também podem apresentar erros sistemáticos. Os aparelhos da BIA baseiam-se em diferentes tipos de equações para grupos de indivíduos e são aplicadas de forma equivocada em amostras bastante heterogêneas. Também, as diferenças étnicas e de composição corporal entre as populações, o estado de hidratação que podem afetar os resultados. (Barbosa et al., 2001; Barbosa-Silva et al., 2005; Britto et al., 2008; Jambassi Filho et al., 2010)

Outra observação importante diz respeito aos métodos estatísticos utilizados que são mais adequados analisando a concordância entre eles do que apenas a correlação, uma vez que alguns indicadores podem apresentar alta correlação, mas não concordarem. Essas comparações devem empregar, de preferência, métodos de

referência (Barbosa et al., 2001; Barbosa-Silva et al., 2005; Britto et al., 2008; Jambassi Filho et al., 2010).

Para alguns autores, a BIA mostra-se mais fidedignidade à outras técnicas de mensuração da gordura corporal, como as dobras cutâneas (Bertoncello et al., 2011; Martins et al., 2011; Cocetti et al., 2009; Barbosa et al., 2001; Olivoto, 2004; Nunes et al., 2009; Petreça, 2009), tendo sua aplicabilidade comprovada eficiência na mensuração da gordura corporal, da massa magra, da água corporal. No entanto, apesar de existir uma correlação moderada entre a BIA e as dobras cutâneas, os autores não chegaram a uma conclusão definitiva do método mais fidedigno para à avaliação da composição corporal (Bertoncello et al., 2011; Martins et al., 2011; Cocetti et al., 2009; Barbosa et al., 2001; Olivoto, 2004; Nunes et al., 2009; Petreça, 2009).

Adicionalmente, a presença de algumas doenças pode induzir a variações nos resultados da composição corporal de forma geral, das medidas pela BIA, o que leva a contradições da utilização dessa técnica (Steiner et al., 2002; Smith et al., 2002). Essas variações nos valores da composição corporal se devem, não só, às limitações do método, mas também, pela própria diferença entre a condutividade do tecido entre indivíduos saudáveis e acometidos por algumas doenças (Pirlich et al., 2003; Kyle et al., 2004).

Essas variações podem acontecer com pessoas com mal nutrição severa ou anorexia nervosa, uma vez que esses indivíduos têm os seus resultados afetados pelo grau de hidratação corporal e devem ter uma interpretação com cuidado durante a realimentação (Pirlich et al., 2003; Kyle et al., 2004).

Em indivíduos obesos, a BIA mostra resultados confiáveis para casos em que o valor de IMC seja de até 34 kg/m², ocorrendo erros de medição consideráveis acima desse valor. Toda análise da composição corporal em pessoas com sobrepeso ou obesidade merece mais atenção, pois a BIA tende a subestimar a porcentagem de gordura do corpo quando esta é maior do que 25% em homens e 33% em mulheres (Sun et al., 2005).

Em caso de hidratação anormal dos tecidos, como ocorre em pessoas que apresentem edemas, ascites ou balanço iônico alterado, o uso da BIA também não é apropriado (Kyle et al., 2004). Assim como, doenças por alterações dermatológicas extensas, como o mixedema no hipotireoidismo, podem invalidar o exame de BIA

devido às resistências elétricas da pele (Kyle et al., 2004).

Não é indicado o uso da BIA para identificar mudanças de composição corporal após um programa de perda de peso muito mínimo, pois pequenas alterações fisiológicas na composição corporal podem não ser detetadas com acurácia por este método (Minderico et al.; 2008). Já para o uso em doenças neuromusculares, a BIA requer equações validadas específicas e o seu uso pode ser recomendado para seguimento em longo prazo (Bedigni et al., 1996).

Por ser um método considerado seguro, a bioimpedância pode ser usada também em pacientes pediátricos. Alguns estudos realizados com crianças de idade superior a 5 anos para estimar a massa livre de gordura, tiveram uma boa validação neles quando comparada à DXA (considerado método referência para estimar a massa livre de gordura) (Pietrobelli et al., 2003; Cleary et al., 2008). No entanto, deve-se lembrar que a proporção de água corporal na criança é maior que no adulto e isso pode dificultar a interpretação dos resultados da BIA (Rush., 2009). Adicionalmente, assim como nos adultos, em casos de obesidade ou desnutrição extrema nas crianças, a análise da BIA deve ser realizada com cautela, pois teria diferenças de valores quando comparada ao padrão-ouro (Pietrobelli et al., 2003; Cleary et al., 2008).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos analisados, no presente trabalho de revisão de literatura, mostram a praticidade, rapidez e facilidade de aplicação, tanto para o avaliador, como para o avaliado da BIA no processo de análise da composição corporal.

Existe uma variedade de aparelhos de BIA que se categorizam pelo número de eletrodos usados, pela região submetida à avaliação ou pela frequência usada. Em ambos os aparelhos, o funcionamento baseia-se na oposição entre a resistência e a reactância. Assim, por ser a massa livre de gordura um melhor condutor de corrente elétrica, quando comparada à massa gorda, devido à maior concentração de água e eletrólitos, quanto maior a massa livre de gordura, menor seria a impedância elétrica corporal, por outro lado, quanto maior a massa gorda, maior seria a impedância elétrica corporal.

Em relação à precisão das medidas obtidas por este método, muito embora a literatura aponte para resultados satisfatórios quando o mesmo é comparado à métodos considerados como referência, é importante observar os procedimentos e

protocolos também, ter um maior cuidado nos casos de hidratação anormal, má nutrição severa, obesidade, doenças neuromusculares ou dermatológicas extensas pelo avaliador na interpretação dos resultados.

Portanto, a BIA se configura em mais um método de avaliação da composição corporal, com vantagens e desvantagens que devem ser consideradas pelos profissionais de saúde envolvidos com a avaliação da composição corporal, de modo a alinhar todos os fatores relacionados a este método, a fim de minimizar seus possíveis erros e potencializar seus benefícios.

REFERÊNCIAS

ALBERT K, DELANO M. This Whole Thing Smacks of Gender”: Algorithmic Exclusion in Bioimpedance-based Body Composition Analysis. Digital library. 2021. 342-352. <https://doi.org/10.1145/3442188.3445898>.

AZEVEDO, Z.M.A.; SILVA, D.R.; DUTRA, M.V.P.; ELSAS, M.I.C.G.; BARBOSA-SILVA, M.C.G.; FONSECA, V.M. Associação entre ângulo de fase, PRISM I e gravidade da sepse. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*. Vol.19. Num.3. 2007. p.297-303. <https://doi.org/10.1590/S0103-507X2007000300005>.

BARBOSA, A. R.; SANTAREM, J. M.; FILHO, W. J.; MEIRELLES, E. S.; MARUCCI, M. F. N. Comparação da gordura corporal de mulheres idosas segundo antropometria, bioimpedância e DEXA. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. vol.51. Num.1. supl. 51. 2001. p. 49-56.

BARBOSA- SILVA, M.C.; BARROS, A.J.; Post, C.L.; WAITZBERG, D.L.; HEYMSFIELD, S.B. Can bioelectrical impedance analysis identify malnutrition in preoperative nutrition assessment? *Nutrition*. Vol.19. Num. 5. 2003. p. 422-426. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(02\)00932-2](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(02)00932-2).

BARBOSA- SILVA, M.C.; BARROS, A.J.; WANG, J.; HEYMSFIELD, S.B. PIERSON, R.N. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol.82. Num.1. 2005. p. 49- 52. <https://doi.org/10.1093/ajcn/82.1.49>.

BEDOGNI, G.; MERLINI, L.; BALLESTRAZZI, A.; SEVERI, S.; BATTISTINI, N. Multifrequency bioelectric impedance measurements for predicting body water compartments in Duchenne muscular dystrophy. *Neuromuscular Disorders*. Vol.6. Num.1. 1996. p. 55-60. [https://doi.org/10.1016/0960-8966\(95\)00015-1](https://doi.org/10.1016/0960-8966(95)00015-1)

BERTONCELLO, T.; ALMEIDA, P. B. L. de.; RALO, J. M.; SILVA, V. Comparação da composição corporal entre os métodos de dobras cutâneas e bioimpedância em jovens. *Lecturas: Educación Física y deportes*. Vol.16. Num. 163. 2011.

BRITTO, E.P.; MESQUITA, E.T. Bioimpedância elétrica aplicada à insuficiência cardíaca. *Revista Sociedade de Cardiologia do Estado do Rio de Janeiro (SOCERJ)*. Vol.21. Num. 3. 2008. p. 178-83.

CARVALHO, A.B.R.; NETO, C.S.P. Composição corporal através dos métodos da pesagem hidrostática e impedância bioelétrica em estudantes universitários. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. Vol.1. Num. 1.1999. p. 18-23. <https://doi.org/10.1590/%25x>

CLEARY, J.; DANIELLS, S.; OKELY, A.D.; BATTERHAM, M.; NIVHOLLS, J.; Predictive validity of four bioelectrical impedance equations in determining percent fat mass in overweight and obese children. *Journal of the American Dietetic Association*. Vol.108. Num. 2008. p. 136-139. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2007.10.004>

COCETTI, M.; CASTILLO, S. D.; FILHO, A. D. B. Dobras cutâneas e bioimpedância elétrica perna-perna na avaliação da composição corporal de crianças. *Revista de Nutrição*. Vol. 21. Num. 4. 2009. p. 527-530. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732009000400008>.

EATON, S.B.; EATON, S.B. Physical Inactivity, Obesity, and Type 2 Diabetes: An Evolutionary Perspective. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. Vol. 88. Num. 1. 2017. p.1-8. <https://doi.org/10.1080/02701367.2016.1268519>.

EICKEMBERG, M.; SAMPAIO, L.R. OLIVEIRA CC de ANNA KARLA CARNEIRO R. Bioimpedância elétrica e sua aplicação em avaliação nutricional. *Revista de Nutrição*. Vol.24. Num. 6. 2011. p. 873-82. [doi:https://doi.org/10.1590/S1415-52732011000600009](https://doi.org/10.1590/S1415-52732011000600009).

ELLIS, K.J. Human body composition: in vivo methods. *Physiological reviews*. Vol. 80. Num. 2. 2000. p. 649-680. <https://doi.org/10.1152/physrev.2000.80.2.649>.

GUDIVAKA, R.; SCHOELLER, D.; KUSHNER, R.F. Effects of skin temperature on multifrequency bioelectrical impedance analysis. *Journal of Applied Physiology*. Vol.81. Num. 2. 1996. p. 838- 845. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.2.838>.

GUEDES, D.P. Procedimentos clínicos utilizados para análise da composição corporal. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. Vol.15. Num.1. 2013. p. 113-29. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2013v15n1p113>.

GUPTA, D.; LAMMERSFELD, C. A.; BURROWS, J. L.; DAHLK, S. L.; VASHI, P. G.; GRUTSH, J. F.; HOFFMAN, S.; Lis, C. G. Bioelectrical impedance phase angle inclinical practice: implications for prognosis in advanced colorectal cancer. *The American journal of clinical nutrition*. Vol. 80. Num. 6. 2004. p. 1634-1638. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.6.1634>.

GUPTA, D.; LAMMERSFELD, C. A.; VASHI, P. G.; KING, J.; DAHLK, S. L.; GRUTSH, J. F.; LIS, C. G. Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in breast cancer. *BMC cancer*. Vol. 8, 2008. p. 249. <https://doi.org/10.1186/1471-2407-8-249>.

HEITMANN, B. Impedance: a valid method in assessment of body composition? *European Journal of Clinical Nutrition*. Vol.48. Num. 4. 1994. p. 228-40.

HEYWARD, V.; STOLARCZYK, L. Avaliação da composição corporal aplicada. São Paulo. Manole. 2000.

JAMBASSI, FILHO J.C.; CYRINO, E.S.; GURJÃO, A.L.D.; BRAZ, I.A.; GONCALVES, R.; GOBBI, S. Estimativa da composição corporal e análise de concordância entre analisadores de impedância bioelétrica bipolar e tetrapolar. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol.16. Num. 1.2010. p. 13-17. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922010000100002>

KAMIMURA, M.A.; DRAIBE, A.S.; SIGULEN, D.M.; CUPPARI, L. Métodos de avaliação da composição corporal em pacientes submetidos à hemodiálise. *Revista de*

Nutrição. Vol.17. Num. 1. 2004. p. 97-105. doi:10.1590/S1415-5273200400010001.

KUSHNER, R.F.; GUDIVAKA, R.; SCHOELLER, D.A. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol.64. Supl. 3. 2011. p. 423S-427S.
<https://doi.org/10.1093/ajcn/64.3.423S>

KYLE, U. G.; BOSAEUS, I. DE LORENZO, A. D.; DEURENBERG, P.; ELIA, M.; MANUELI GOMEZ, J.; LILIENTHAL HEITMANN, B.; KENT-SMITH, L.; MELCHIOR, J. C.; PIRLICH, M.; SCHARFETTER, H.; SCHOLS, A.; PICHARD, C.; ESPEN. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clinical nutrition*. Vol. 23. Num. 6. 2004. p. 1430–1453.
<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.09.012>.

LEE, S.Y.; GALLAGHER, D. Assessment methods in human body composition. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. Vol.11. Num. 5. 2008. p. 566-72. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e32830b5f23>.

LIANG, M.T.; NORRIS, S. Effects of skin blood flow and temperature on bioelectric impedance after exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol.25. Num. 11. 1993. p. 1231-1239.

LUKASKI, H.C.; BOLONCHUK, W.W.; HALL, C.B.; SIDERS, W.A. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *Journal of applied physiology*. Vol. 60. Num. 4. 1986. 1327–1332.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1986.60.4.1327>.

MAGGIORE, Q.; NIGRELLI, S.; CICCARELLI, C.; GRIMALDI, C.; ROSSI, G.A.; MICHELASSI, C. Nutritional and prognostic correlates of bioelectrical impedance indexes in hemodialysis patients. *Kidney International*. Vol.50. Num. 6. 1996. p. 2103-2108. <https://doi.org/10.1038/ki.1996.535>.

MARTINS, K. A.; MONEGO, E. T.; PAULINELLI, R. R.; FREITAS JUNIOR, R. Comparação de métodos de avaliação da gordura corporal total e sua distribuição. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. Vol. 14. Num. 4. 2011. p. 677-687.
<https://doi.org/10.1590/S1415-790X2011000400014>.

MATTSSON, S.; THOMAS, B.J. Development of methods for body composition studies. *Physics in Medicine and Biology*. Vol.51. Num.13. 2006. p. R203-R228.
<https://doi.org/10.1088/0031-9155/51/13/R13>.

MINDERICO, C.S.; SILVA, A.M.; KELLER, K.; BRANCO, T.L.; MARTINS, S.S.; PALMEIRA, A.L. e colaboradores. Usefulness of different techniques for measuring body composition changes during weight loss in overweight and obese women. *British Journal of Nutrition*. Vol.99. Num. 2. 2008. p. 432-441.
<https://doi.org/10.1017/S0007114507815789>.

MINN, Y.K.; SUK, S.H. Higher skeletal muscle mass may protect against ischemic stroke in community-dwelling adults without stroke and dementia: The PRESENT project. *BMC Geriatrics*. Vol.17. Num. 1. 2017. p. 45.

<https://doi.org/10.1186/s12877-017-0433-4>.

MOREIRA, O.C.; ALONSO-AUBIN, D.A.; OLIVEIRA, C.E.P.; CANDIA-LUJAN, R.; de PAZ, J.A. Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. *Archivos de Medicina del Deporte*. Vol. 32. Num. 6. 2015. p. 387-394.

NEOVIUS, M.; HEMMINGSSON, E.; FREYSHUSS, B.; UDDE´N, J. Bioelectrical impedance underestimates total and truncal fatness in abdominally obese women. *Obesity*. Vol.14. Num. 10. 2006. p. 1731-1738. <https://doi.org/10.1038/oby.2006.199>.

NUNES, R. R.; CLEMENTE, E. L. S.; PANDINI, J. A.; COBAS, R. A.; DIAS, V. M.; SPERANDEI, S.; GOMES, M. B. Confiabilidade da classificação do estado nutricional obtida através do IMC e três diferentes métodos de percentual de gordura corporal em pacientes com diabetes melito tipo1. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*. Vol. 53 Num. 3. 2009. p. 360-367. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302009000300011>.

OLIVOTO, R. R. Pregas cutâneas x impedância bioelétrica: mensuração da composição corporal. *Lecturas: Educación Física y deportes*. Vol. 10. Num. 71. 2004.

PATEYJOHNS, I.R.; BRINKWORTH, G.D.; BUCKLEY, J.D.; NOAKES, M.; CLIFTON, P.M. Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men. *Obesity*. Vol.14. Num. 11. 2006. p. 2064-2070.

PETRECA, D. R. Comparação dos métodos de bioimpedância ‘hand to hand’ e equação de Faulkner para avaliação da composição corporal em jogadores de futebol brasileiros. *Lecturas: Educación Física y deportes*. Vol. 13. Num. 130. 2009.

PIETROBELLI, A.; ANDREOLI, A.; CERVELLI, V.; CARBONELI, M.G, PERONI DG, De LORENZO A. Predicting fat-free mass in children using bioimpedance analysis. *Acta Diabetologica*. Vol.40. Supl. 1. 2003. p. S212-S215. <https://doi.org/10.1007/s00592-003-0069-z>.

PIRLICH, M.; SCHUTZ, T.; OCKENGA, J.; BIERING, H.; GERL, H.; SCHMIDT, B.; ERTL, S.; PLAUTH, M.; LOCHS, H. Improved assessment of body cell mass by segmental bioimpedance analysis in malnourished subjects and acromegaly. *Clinical nutrition*. Vol. 22. Num. 2. 2003. p. 167–174. <https://doi.org/10.1054/clnu.2002.0617>.

RODRIGUES, M.N.; DA SILVA, S.C.; MONTEIRO, W.D.; FARINATTI, P.T.V. Estimativa da gordura corporal através de equipamentos de bioimpedância, dobras cutâneas e pesagem hidrostática. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 7. Num. 4. 2001. p. 125-131. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922001000400003>.

ROSSI, L.; TIRAPEGUI i, J. Comparação dos métodos de bioimpedância e equação de Faulkner para avaliação da composição corporal em desportistas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*. Vol. 37. Num. 2. 2001. p. 137-141.

RUSH, E.C.; SCRAGG, R.; SCHAAF, D.; JURANOVICH, G. Indices of fatness and

relationships with age, ethnicity and lipids in New Zealand European, Maori and Pacific children. *European Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 63. Num. 5. 2009. p. 627-633. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2008.15>.

SANT'ANNA, M.S.L.; PRIORE, S.E.; FRANCESCHINI, S.C.C. Métodos de avaliação da composição corporal em crianças. *Revista Paulista de Pediatria*. Vol. 27. Num. 3. 2009. p. 315-321. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822009000300013>.

SELBERG, O.; SELBERG, D. Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 86. Num. 6. 2002. p. 509-516.

SILVA, L.M.D.L.; CARUSO, L.; MARTINI, L.A. Aplicação do ângulo de fase em situações clínicas. *Revista Brasileira de Nutrição Clínica*. Vol. 22. Num. 4. 2007. p. 317-321.

SMITH, M.R.; FUCHS, V.; ANDERSON, E.J.; FALLON, M.A.; MANOLA, J. Measurement of body fat by dual-energy X-ray absorptiometry and bioimpedance analysis in men with prostate cancer. *Nutrition*. Vol. 18. Num. 7-8. 2002. p. 574-577. <https://doi.org/10.1016>.

STEINER, M.C.; BARTON, R.L.; SINGH, S.J.; MORGAN, M.D. Bedside methods versus dual energy X-ray absorptiometry for body composition measurement in COPD. *European Respiratory Journal*. Vol. 19. Num. 4. 2002. p. 626-631. <https://doi.org/10.1183/09031936.02.00279602>.

SUN, G.; FRENCH, C.R.; MARTIN, G.R.; Younghusband, B.; GREEN, R.C.; XIE, Y.G.; MATHEWS, M.; BARRON, J. R.; FITZPATRICK, D. G.; GULLIVER, W.; ZHANG, H. Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. *The American journal of clinical nutrition*. Vol. 81. Num. 1. 2005. p. 74-78. <https://doi.org/10.1093/ajcn/81.1.74>.

THOMSON, R.; BRINKWORTH, G.D.; BUCKLEY, J.D.; NOAKES, M.; CLIFTON, P.M. Good agreement between bioelectrical impedance and dual energy X-ray absorptiometry for estimating changes in body composition during weight loss in overweight young women. *Clinical Nutrition*. Vol. 26. Num. 6. 2007. p. 771-777. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2007.08.003>

ARTIGO II

O SEXO E A CONDIÇÃO METODOLÓGICA SÃO FATORES DETERMINANTES NA CONFIABILIDADE E NA REPRODUTIBILIDADE DA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL POR BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA

1. INTRODUÇÃO

A rápida mudança no campo das ciências da saúde faz com que a formação inicial dos profissionais envolvidos nessa área se torne rapidamente obsoleta. Novos equipamentos e tecnologias, bem como procedimentos e novas práticas, são temas que exigem constante atualização do conhecimento nas ciências da saúde (Moran, Lavado-Garcia, Pedrera-Zamorano, 2011).

O estudo da composição corporal tem atraído a atenção de pesquisadores e profissionais de diferentes áreas do conhecimento biológico, favorecendo assim, o desenvolvimento de novos conceitos e recursos tecnológicos. As novas inovações oferecem cada vez maior precisão e exatidão na determinação e na interpretação dos componentes corporais para análises de condições clínicas tanto de forma individual que para um grupo de populações. Em ambos os casos, os profissionais da área de ciências da saúde devem ter conhecimento dos métodos, para que possam escolher qual das diferentes opções de métodos na avaliação da composição corporal é a mais adequada para suas necessidades já que têm uma relação direta com o estado de saúde no aumento ou na diminuição dos riscos para o desenvolvimento de doenças crônicas degenerativas (ACSM, 2011; 2009).

Os procedimentos laboratoriais, embora mais rigorosos e precisos, são mais dispendiosos e, em razão de seus protocolos de medida solicitam rotinas de elevada complexidade, apresentando limites na sua aplicação no cotidiano dos profissionais e investigadores. Em contrapartida, os procedimentos clínicos são menos dispendiosos, menos rigorosos e de interpretação mais imediata; portanto, de maior aplicação prática. Apesar da menor rigorosidade, os resultados obtidos com a sua aplicação apresentam elevada relação com os procedimentos laboratoriais e, se forem levados em consideração determinados cuidados, podem produzir erros de estimativa em limites aceitáveis.

No que se refere às técnicas utilizadas nos procedimentos clínicos, a bioimpedância elétrica e a antropometria têm sido as mais comumente empregadas (Kyle et al. 2004; Wang et al. 2000).

A bioimpedância elétrica (BIA) é um método baseado no princípio da condutividade da água no corpo que varia nos diferentes compartimentos (Lee, Gallagher, 2008). Enquanto a massa livre de gordura apresenta uma boa condução elétrica por possuir elevada concentração de água e eletrólitos, a massa gorda não é

boa condutora elétrica (Sant'anna, Priore, Franceschini, 2009). Os estudos da BIA baseiam-se na estreita relação entre as propriedades elétricas do corpo humano, a composição corporal dos diferentes tecidos e do teor total de água no corpo. Como todos os métodos indiretos de estimação de composição corporal, a BIA depende de algumas premissas relacionadas às propriedades elétricas do corpo, sua composição e estado de maturação, nível de hidratação, idade, sexo, raça e condição física (Eaton, Eaton, 2017; Martin Castellanos et al., 2017; Minn, Suk, 2017).

A BIA é uma técnica simples, rápida e não invasiva que permite estimar a água corporal total (ACT) e, para hipóteses baseadas na hidratação constante dos tecidos, obter a massa livre de gordura (MLG) e por derivação, a massa gorda (MG), por meio da equação simples baseadas em dois componentes ($MLG \text{ kg} = \text{peso total kg} - MG \text{ kg}$). Na área da ciência do esporte é possível medir o ACT em diferentes situações, tanto em estados de hidratação normal como de desidratação, avaliar a composição corporal em diferentes tipos de atividades clínicas e nutricionais relacionadas à atividade física e treinamento.

No entanto, a confiabilidade e a precisão deste método podem ser influenciadas por vários fatores, como o tipo de instrumento, pontos de colocação dos eletrodos, nível de hidratação, dieta, ciclo menstrual, temperatura ambiente e a equação de predição utilizada e, em geral, está próxima a $r^2=0,84$, quando comparada à densitometria dupla de raios X (DXA) (Lee, Gallagher, 2008; Mattsson, Thomas, 2006). A falta de conhecimento sobre a reprodutibilidade das medidas produzidas pela BIA também pode levar a erros, que, por sua vez, podem interferir no resultado da medida.

É possível considerar que a avaliação da reprodutibilidade intra-observador é importante para determinar em que medida o erro humano ou erro do teste pode afetar os resultados da avaliação da composição corporal, por meio da BIA. Isso ganha relevância, uma vez que, a composição corporal assume um papel fundamental no processo saúde/doença, pois, seus componentes possuem, entre outras, funções metabólicas que podem estar envolvidas na prevenção ou gênese de diversas doenças (Eaton, Eaton, 2017; Martin Castellanos et al., 2017; Minn, Suk, 2017; Caminha et al., 2017; Urquidez Romero et al., 2017). Dessa maneira, a medida ou o monitoramento preciso da massa gorda (MG) e da massa magra (MM) podem ter aplicação clínica significativa que pode interferir no diagnóstico e prescrição do tratamento medicamentoso ou não medicamentoso (Fosbol, Zerahn, 2015; Yu et al.,

2013).

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi verificar a confiabilidade e reprodutibilidade dos valores de massa gorda (MG), massa magra (MM) e água corporal (H_2O) entre sexo, com e sem preparação prévia para o teste.

2. MÉTODOS

O presente estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética para Pesquisa em Seres Humanos da UFV (número do parecer: 93793118.1.0000.5153). Ademais, todos os procedimentos aqui utilizados obedeceram às Normas Éticas para pesquisa em Ciências do Exercício e do Esporte e realizados de acordo com a Declaração de Helsinki (Williams, 2008).

2.1. Tipo de estudo

Esse trabalho trata do desenvolvimento de um estudo experimental e prospectivo, que foi realizado, em sua totalidade, no Laboratório de Análise da Morfofisiologia Humana do curso de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

2.2. Amostra

Para o cálculo do tamanho amostral, foi considerado um tamanho de efeito mínimo de 0,6, uma probabilidade de erro α de 0,05 e um poder de $(1 - \text{erro } \beta)$ de 0,95. A amostra total do estudo deveria ter 20 pessoas (homens e mulheres) de acordo com o programa G-Power, da Universidade de Düsseldorf.

No fim da pesquisa, foi obtido uma amostra composta por 29 voluntários brasileiros (14 mulheres e 15 homens), todos estudantes universitários de ambos os sexos e alunos da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A maioria compareceu após convites ou pelo whatsapp, diretamente por conversa dentro da universidade ou por curiosidade ao seguir um colega que ia se submeter a avaliação.

2.3. Critério de inclusão e exclusão

Os participantes da pesquisa não apresentavam nenhuma condição (referindo-se a ESPEN 2004) que possa interferir nos resultados que oferecia a BIA antes de assinarem, o termo de consentimento livre e voluntário antes da avaliação.

Todos os voluntários que não respeitaram os critérios como: pessoas com doença

aguda ou crônica como insuficiência cardíaca em condição não estável; pessoas com qualquer limitação óssea ou articular; pessoas usuárias de drogas hormonais ou anti-inflamatória; portadores de marca-passo ou pessoas incapazes de respeitar as condições prévias como de jejum de 8 horas antes da avaliação foram automaticamente descartados.

2.4. Dados avaliados

A BIA da marca InBody, modelo InBody 120 mostrou os resultados do DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; CCI: coeficiente de correlação intraclase; IC95%: intervalo de confiança de 95%; EPM: erro padrão de medida; DMD: diferença minimamente detetável; MC: massa corporal; H2OTotal: água corporal total; MG: massa de gordura; MM: massa muscular; MLG: massa livre de gordura; %G: percentual de gordura; BDir: braço direito; BEsq: braço esquerdo; Tron: tronco; PDir: perna direita e da PEsq: perna esquerda. A partir dos resultados dessas avaliações, foi possível analisar os dados referentes à MG, MM e ACT de corpo total e de membros para avaliar a fidedignidade/confiabilidade/ precisão da medida da composição corporal por BIA.

2.5. Limitações

Devido as dificuldades de cumprir o protocolo que a BIA exige, segundo a ESPEN 2004, como condições prévias à avaliação, houve um receio que alguns participantes não conseguiriam cumprir os protocolos, desistindo de participar da pesquisa. Porém, todos os voluntários finalizaram a pesquisa, participando das duas condições experimentais.

2.6. Desenho metodológico

Na figura 1, está demonstrado um esquema ilustrativo das etapas da coleta dos dados. Os 29 voluntários que participaram da pesquisa foram submetidos a duas determinações da composição corporal por BIA, sob as mesmas condições e, 48 horas depois foram submetidos novamente a mais duas avaliações da composição corporal. A diferença entre os dois dias de avaliações da composição corporal foi que, em um dia de avaliação foram seguidas as recomendações prévias para a realização do teste e em outro dia, não.

Durante o período da coleta de dados (quase duas semanas), os voluntários aleatoriamente, foram submetidos a duas avaliações consecutivas onde subiram automaticamente após a leitura dos dados pelo sistema (diferença de um minuto mais ou menos de tempo) durante os dois diferentes dias da avaliação da composição corporal. Foi usado então o aparelho de BIA pré-calibrado da marca InBody, modelo InBody 120 seguindo o protocolo indicado pelo fabricante.

Na primeira avaliação, os voluntários não tinham seguido as orientações prévias. Para a segunda avaliação, que ocorreu 24 horas ou 48 horas após a realização da primeira, no mesmo horário do teste anterior, os voluntários receberam uma lista com as orientações a serem seguidas para a realização do teste (ESPEN 2004) e devidamente indicadas pelo protocolo do fabricante: não consumir álcool pelo menos 8 horas antes do teste; fazer 8 horas de jejum e não realizar exercício de intensidade moderada à elevada nas 8 horas antes da avaliação; não realizar o teste perante a presença de um estado febril ou de desidratação; ir ao banheiro antes do teste; usar roupas leves e remover joias e objetos metálicos ou implantes dentários com metal (quando possível), esvaziar a bexiga antes do exame e não ingerir café antes do início dos testes (Alvero- Cruza et al., 2011). Foi pedido também para não fumar e todos os dados foram coletados no período da manhã, das 6h00 às 13h00.

Figura 1: Desenho experimental do estudo (n= 29)



Fonte: Da autora, 2022.

2.7. Análise estatística

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico SPSS for Windows, versão 23 (IBM, CHICAGO, EUA). Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificação normalidade. Após, foram geradas médias e desvios-padrão (DP) para análise descritiva dos dados. A confiabilidade das medidas da composição corporal por BIA foi determinada pelo cálculo do coeficiente de variação (CV) e do coeficiente de correlação intraclass (CCI) que foi utilizado também para verificar a reprodutibilidade para as medidas de força muscular, com IC95%. Valores de CCI iguais de ou superiores a 0,90 podem ser considerados muito altos, valores entre 0,70 e 0,89, podem ser considerados altos e valores entre 0,50 e 0,69, moderados (Bosquet et al., 2010; Mentiplay et al., 2015). Foram calculados os valores para o erro padrão da medida (EPM) pelo produto do desvio padrão basal com a raiz quadrada de (1-CCI), em que r é o coeficiente de correlação intraclass ($EPM = DP \times \sqrt{1-CCI}$). Além disso, calculou-se a diferença minimamente detetável (DMD) pelo produto do EPM com a raiz quadrada de dois (devido à variância do erro de medida de cada instrumento) e com o valor de 1,96, que representa o de uma curva padrão normal associada a um intervalo de confiança de 95% ($DMD = 1,96 \times \sqrt{2} \times EPM$) (Beckerman et al., 2001; Mentiplay et al., 2015). Um nível de significância estatística de $p < 0,05$ foi estabelecido para todos os tratamentos.

3. RESULTADOS

Participaram da presente pesquisa 29 voluntários de ambos os sexos, com idade média de 24 ± 2 anos, estatura média de $169,89 \pm 8,02$ cm e massa corporal média de $71,45 \pm 12,71$ Kg. Durante a realização dos testes, não houve nenhum relato de problema físico ou cardiometabólico relacionado à execução das avaliações da composição corporal com BIA.

A tabela 1 apresenta os dados relativos à reprodutibilidade da medida da composição corporal por BIA, sem preparação prévia para o teste. É possível observar, pelos valores encontrados, que para todas as variáveis analisadas pela BIA foi encontrado um CCI muito alto (0,981 a 1,00). No entanto, foram encontrados valores de CV que indicam uma menor reprodutibilidade para variáveis como massa de gordura corporal (CV=8%), percentual de gordura corporal (CV=8%) e água

corporal apendicular para: o braço direito (CV=13,2%), braço esquerdo (CV=12,6%), tronco (CV=9,4%), perna direita (CV=9,2%) e perna esquerda (CV=9,2%). Também, apresentou-se baixos valores de EPM e DMD indicando a boa sensibilidade do método avaliativo aumentando conseqüentemente a sua confiabilidade e reprodutibilidade.

Tabela 1. Resultados para a reprodutibilidade da medida da composição corporal por bioimpedância elétrica, sem preparação prévia para o teste.

	Av1		Av2		CV	CCI (IC95%)	p	EPM	DMD
	Media	DP	Media	DP					
TMB (Kcal)	1524,45	(185,04)	1517,59	(190,65)	2,4%	0,993 (0,986;0,997)	<0,001	15,95	44,21
CMO (Kg)	3,07	(0,48)	3,03	(0,50)	5,2%	0,981 (0,959;0,991)	<0,001	0,07	0,19
MC (Kg)	71,76	(13,65)	71,75	(13,67)	0,1%	1,00 (1,00;1,00)	<0,001	0	0
H2OTotal (L)	39,06	(6,26)	38,84	(6,44)	3,2%	0,994 (0,987;0,997)	<0,001	0,50	1,38
MG (Kg)	18,31	(11,43)	18,63	(11,21)	8,8%	0,996 (0,992;0,998)	<0,001	0,71	1,97
MM (KG)	50,38	(8,11)	50,10	(8,36)	3,2%	0,994 (0,987;0,997)	<0,001	0,65	1,79
MLG (Kg)	53,40	(8,57)	53,09	(8,83)	3,3%	0,993 (0,986;0,997)	<0,001	0,74	2,05
%G (%)	24,51	(10,91)	25,03	(10,74)	8,8%	0,988 (0,974;0,994)	<0,001	1,18	3,26
CA (cm)	0,85	(0,05)	0,85	(0,05)	0,0%	1,00 (1,00;1,00)	<0,001	0	0
IMC (Kg/m ²)	24,95	(4,87)	24,94	(4,86)	0,2%	1,00 (1,00;1,00)	<0,001	0	0
MM_BDir (Kg)	2,96	(0,63)	2,93	(0,64)	4,8%	0,994 (0,986;0,997)	<0,001	0,05	0,14
MM_BEsq (Kg)	2,91	(0,66)	2,89	(0,67)	5,2%	0,994 (0,987;0,997)	<0,001	0,05	0,14
MM_Tron (Kg)	24,10	(3,87)	24,01	(3,96)	2,4%	0,997 (0,993;0,998)	<0,001	0,22	0,60
MM_PDir (Kg)	8,31	(1,38)	8,31	(1,39)	0,9%	0,999 (0,998;1,00)	<0,001	0,04	0,12
MM_PEsq (Kg)	8,26	(1,35)	8,26	(1,35)	0,7%	1,00 (0,999;1,00)	<0,001	0	0
H2O_BDir (L)	1,25	(1,31)	1,28	(1,29)	13,2%	0,998 (0,996;0,999)	<0,001	0,06	0,16
H2O_BEsq (L)	1,26	(1,33)	1,30	(1,31)	12,6%	0,998 (0,996;0,999)	<0,001	0,06	0,16
H2O_tron (L)	9,17	(5,59)	9,32	(5,49)	9,4%	0,996 (0,991;0,998)	<0,001	0,35	0,96
H2O_PDir (L)	2,75	(1,62)	2,79	(1,60)	9,2%	0,995 (0,989;0,998)	<0,001	0,11	0,31
H2O_PEsq (L)	2,72	(1,60)	2,78	(1,57)	9,2%	0,995 (0,989;0,998)	<0,001	0,11	0,31
Proteína (Kg)	10,58	(1,75)	10,52	(1,81)	3,2%	0,994 (0,987;0,997)	<0,001	0,14	0,39
Mmineral (Kg)	3,67	(0,59)	3,62	(0,61)	5,0%	0,983 (0,963;0,992)	<0,001	0,08	0,22

Legenda: AV1: primeira avaliação; AV2: segunda avaliação; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; CCI: coeficiente de correlação intraclase; IC95%: intervalo de confiança de 95%; EPM: erro padrão de medida; DMD: diferença minimamente detectável; MC: massa corporal; H2OTotal: água corporal total; MG: massa de gordura; MM: massa muscular; MLG: massa livre de gordura; %G: percentual de gordura; BDir: braço direito; BEsq: braço esquerdo; Tron: tronco; PDir: perna direita; PEsq: perna esquerda.

Na tabela 2 estão apresentados os dados relativos à reprodutibilidade da medida da

composição corporal por BIA, com preparação prévia para o teste, segundo as recomendações de ESPEN (2004). Para todas as variáveis analisadas pela BIA foi encontrado um CCI muito alto (0,996 a 1,00), além de valores de CV que indicam uma boa reprodutibilidade para todas as variáveis, com exceção daquelas indicadoras da quantidade de água corporal apendicular para os braços direito (CV=10,3%) e esquerdo (CV=5,9%), que apresentaram maior variação. Os valores baixos do EPM e da DMD afirmam a sua boa sensibilidade.

Tabela 2. Resultados para a reprodutibilidade da medida da composição corporal por bioimpedância elétrica, com preparação prévia para o teste.

	Av1		Av2		CV	CCI (IC95%)	p	EPM	DMD
	Media	DP	Media	DP					
TMB (Kcal)	1524,10	(198,73)	1520,86	(197,39)	0,5%	1,00 (0,999;1,00)	<0,001	0	0
CMO (Kg)	3,04	(0,48)	3,03	(0,50)	2,2%	0,996 (0,991;0,998)	<0,001	0,03	0,09
MC (Kg)	71,87	(13,70)	71,88	(13,70)	0,1%	1,00 (1,00;1,00)	<0,001	0	0
H2OTotal (L)	39,07	(6,74)	38,97	(6,70)	0,6%	1,00 (0,999;1,00)	<0,001	0	0
MG (Kg)	18,44	(11,47)	18,60	(11,46)	3,3%	1,00 (0,999;1,00)	<0,001	0	0
MM (KG)	50,40	(8,76)	50,25	(8,68)	0,6%	1,00 (0,999;1,00)	<0,001	0	0
MLG (Kg)	53,39	(9,20)	53,23	(9,13)	0,6%	1,00 (0,999;1,00)	<0,001	0	0
%G (%)	24,77	(11,08)	25,00	(11,07)	3,3%	1,00 (0,999;1,00)	<0,001	0	0
CA (cm)	0,85	(0,05)	0,85	(0,05)	0,3%	0,999 (0,998;1,00)	<0,001	0	0
IMC (Kg/m ²)	24,99	(4,88)	25,00	(4,89)	0,2%	1,00 (1,00;1,00)	<0,001	0	0
MM_BDir (Kg)	2,94	(0,66)	2,93	(0,67)	1,5%	0,999 (0,998;1,00)	<0,001	0,02	0,06
MM_BEsq (Kg)	2,90	(0,70)	2,91	(0,69)	1,1%	1,00 (0,999;1,00)	<0,001	0	0
MM_Tron (Kg)	24,05	(4,05)	24,00	(4,06)	0,6%	1,00 (0,999;1,00)	<0,001	0	0
MM_PDir (Kg)	8,38	(1,50)	8,38	(1,51)	0,9%	0,999 (0,998;1,00)	<0,001	0,05	0,13
MM_PEsq (Kg)	8,33	(1,46)	8,33	(1,45)	0,9%	0,999 (0,999;1,00)	<0,001	0,05	0,13
H2O_BDir (L)	1,25	(1,33)	1,26	(1,32)	10,3%	1,00 (0,999;1,00)	<0,001	0	0
H2O_BEsq (L)	1,29	(1,34)	1,30	(1,36)	5,9%	1,00 (0,999;1,00)	<0,001	0	0
H2O_tron (L)	9,22	(5,66)	9,31	(5,63)	4,6%	1,00 (0,999;1,00)	<0,001	0	0
H2O_PDir (L)	2,77	(1,59)	2,80	(1,59)	3,5%	0,999 (0,999;1,00)	<0,001	0,05	0,14
H2O_PEsq (L)	2,74	(1,54)	2,78	(1,56)	3,3%	0,999 (0,999;1,00)	<0,001	0,05	0,14
Proteína (Kg)	10,59	(1,90)	10,56	(1,88)	0,9%	0,999 (0,998;1,00)	<0,001	0,06	0,17
Mmineral (Kg)	3,62	(0,59)	3,62	(0,60)	1,6%	0,998 (0,995;0,999)	<0,001	0,03	0,07

Legenda: AV1: primeira avaliação; AV2: segunda avaliação; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; CCI: coeficiente de correlação intraclase; IC95%: intervalo de confiança de 95%; EPM: erro padrão de medida; DMD: diferença minimamente detectável; MC: massa corporal; H2OTotal: água corporal total; MG: massa de gordura; MM: massa muscular; MLG: massa livre de gordura; %G: percentual de gordura; BDir: braço direito;

BEsq: braço esquerdo; Tron: tronco; PDir: perna direita; PEsq: perna esquerda.

A tabela 3 apresenta os dados relativos à reprodutibilidade da medida da composição corporal por BIA, sem preparação prévia para o teste, segmentados por sexo. É possível observar que, pelos valores encontrados, para todas as variáveis analisadas pela BIA foi encontrado um CCI muito alto (0,800 a 1,00) tanto para as mulheres que para os homens (0,992 a 1,00). Todavia, foram encontrados valores de CV que indicam uma menor reprodutibilidade para variáveis como massa de gordura corporal (CV=12,6%), percentual de gordura corporal (CV=12,5%) e água corporal apendicular para: o braço direito (CV=14,1%), braço esquerdo (CV=15,3%), tronco (CV=13,2%), perna direita (CV=12,9%) e perna esquerda (CV=12,8%) nas mulheres, tal como nos valores da água corporal apendicular para: o braço direito (CV=12,6%) e o braço esquerdo (CV= 9,9%) nos homens.

Já na tabela 4 estão apresentados os dados relativos à reprodutibilidade da medida da composição corporal por BIA, com preparação prévia para o teste, segundo as recomendações de ESPEN (2004) segmentados por sexo. Para todas as variáveis analisadas pela BIA foram encontrados valores de CCI muito alto (0,984 a 1,00) para as mulheres e para os homens (0,986 a 1,00). Apesar dos valores de CV indicarem boa reprodutibilidade para todas as variáveis em ambos os sexos, temos a exceção dos indicadores da quantidade de água corporal apendicular para os braços direito (CV=13,7%) e esquerdo (CV=6,8%) nos homens e da massa de gordura corporal (CV=4,5%), percentual de gordura corporal (CV=4,6%) e água corporal apendicular para: o braço esquerdo (CV=4,9%), tronco (CV=6,4%), nas mulheres.

Tabela 3. Resultados para a reprodutibilidade da medida da composição corporal por bioimpedância elétrica, sem preparação prévia para o teste, segmentados por sexo.

	Feminino						Masculino					
	Av1		Av2		CV	CCI(IC95%)	Av 1		Av 2		CV	CCI(IC95%)
	Media	DP	Media	DP			Media	DP	Media	DP		
MC (Kg)	69,66	(14,66)	69,69	(14,67)	0,1%	1,00 (1,00;1,00)	73,93	(12,91)	73,92	(12,90)	0,1%	1,00 (1,00;1,00)
H2OTotal (L)	34,49	(5,90)	34,34	(5,66)	4,6%	0,932 (0,801;0,978)	43,34	(4,26)	43,29	(4,31)	0,5%	0,999 (0,996;1,00)
MG (Kg)	22,51	(12,25)	22,76	(12,15)	12,6%	0,986 (0,957;0,995)	14,65	(9,57)	14,73	(9,60)	2,5%	1,00 (0,999;1,00)
MM (KG)	44,46	(7,66)	44,25	(7,33)	4,6%	0,933 (0,804;0,978)	55,95	(5,53)	55,85	(5,57)	0,6%	0,998 (0,995;0,999)
MLG (Kg)	47,12	(7,92)	46,91	(7,60)	4,7%	0,927 (0,790;0,976)	59,25	(5,92)	59,14	(5,98)	0,4%	0,999 (0,997;1,00)
%G (%)	31,21	(9,87)	31,54	(9,63)	12,5%	0,922 (0,776;0,974)	18,75	(8,64)	18,89	(8,72)	2,4%	0,999 (0,997;1,00)
MM_BDir (Kg)	2,52	(0,64)	2,51	(0,64)	6,7%	0,946 (0,840;0,982)	3,33	(0,39)	3,33	(0,41)	1,4%	0,994 (0,984;0,998)
MM_BEsq (Kg)	2,46	(0,68)	2,48	(0,68)	7,3%	0,943 (0,832;0,981)	3,31	(0,43)	3,31	(0,43)	1,3%	0,997 (0,990;0,999)
MM_Tron (Kg)	21,46	(3,83)	21,39	(3,79)	3,4%	0,970 (0,909;0,990)	26,47	(2,47)	26,44	(2,56)	0,6%	0,998 (0,995;0,999)
MM_PDir (Kg)	7,29	(1,21)	7,25	(1,15)	0,6%	0,999 (0,996;1,00)	9,41	(0,89)	9,43	(0,91)	1,1%	0,992 (0,978;0,997)
MM_PEsq (Kg)	7,26	(1,18)	7,24	(1,11)	0,6%	0,999 (0,997;1,00)	9,34	(0,86)	9,35	(0,86)	0,8%	0,996 (0,987;0,999)
H2O_BDir (L)	1,69	(1,59)	1,71	(1,57)	14,1%	0,996 (0,987;0,999)	0,83	(0,90)	0,84	(0,89)	12,6%	0,998 (0,993;0,999)
H2O_BEsq (L)	1,74	(1,59)	1,75	(1,63)	15,3%	0,994 (0,982;0,998)	0,87	(0,93)	0,87	(0,91)	9,9%	0,998 (0,993;0,999)
H2O_tron (L)	11,13	(5,51)	11,26	(5,39)	13,2%	0,980 (0,940;0,994)	7,44	(5,36)	7,49	(5,38)	3,5%	1,00 (0,999;1,00)
H2O_PDir (L)	3,39	(1,77)	3,43	(1,77)	12,9%	0,984 (0,950;0,995)	2,18	(1,17)	2,22	(1,17)	3,2%	0,999 (0,997;1,00)
H2O_PEsq (L)	3,36	(1,71)	3,40	(1,73)	12,8%	0,984 (0,950;0,995)	2,17	(1,14)	2,19	(1,16)	4,0%	0,998 (0,994;0,999)

Legenda: AV1: primeira avaliação; AV2: segunda avaliação; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; CCI: coeficiente de correlação intraclase; IC95%: intervalo de confiança de 95%; EPM: erro padrão de medida; DMD: diferença minimamente detectável; MC: massa corporal; H2OTotal: água corporal total; MG: massa de gordura; MM: massa muscular; MLG: massa livre de gordura; %G: percentual de gordura; BDir: braço direito; BEsq: braço esquerdo; Tron: tronco; PDir: perna direita; PEsq: perna esquerda.

Tabela 4. Resultados para a reprodutibilidade da medida da composição corporal por bioimpedância elétrica, com preparação prévia para o teste, segmentados por sexo.

	Feminino				Masculino				CV	CCI (IC95%)		
	Av1		Av2		Av1		Av2					
	Media	DP	Media	DP	Media	DP	Media	DP				
MC (Kg)	69,51	(14,60)	69,50	(14,60)	0,1%	1,00 (1,00;1,00)	73,86	(12,86)	73,85	(12,89)	0,1%	1,00 (1,00;1,00)
H2OTotal (L)	34,19	(3,85)	33,76	(3,88)	0,8%	0,998 (0,995;0,999)	43,61	(4,31)	43,58	(4,36)	0,4%	0,999 (0,998;1,00)
MG (Kg)	22,72	(12,14)	23,33	(11,54)	4,5%	0,999 (0,998;1,00)	14,20	(9,32)	14,24	(9,22)	1,6%	1,00 (0,999;1,00)
MM (KG)	44,04	(4,96)	43,49	(5,00)	0,8%	0,998 (0,994;0,999)	56,29	(5,58)	56,27	(5,66)	0,4%	0,999 (0,998;1,00)
MLG (Kg)	46,74	(5,21)	46,12	(5,24)	0,8%	0,998 (0,994;0,999)	59,61	(5,99)	59,59	(6,05)	0,4%	0,999 (0,998;1,00)
%G (%)	31,27	(9,21)	32,30	(7,97)	4,6%	0,998 (0,994;0,999)	18,21	(8,44)	18,25	(8,36)	1,6%	0,999 (0,998;1,00)
MM_BDir (Kg)	2,48	(0,41)	2,44	(0,44)	1,6%	0,998 (0,995;0,999)	3,40	(0,45)	3,39	(0,43)	1,4%	0,993 (0,981;0,998)
MM_BEsq (Kg)	2,41	(0,41)	2,38	(0,44)	1,6%	0,999 (0,996;1,00)	3,37	(0,47)	3,37	(0,47)	0,0%	1,00 (1,00;1,00)
MM_Tron (Kg)	21,13	(2,50)	20,94	(2,63)	0,6%	0,999 (0,998;1,00)	26,87	(2,66)	26,87	(2,61)	0,5%	0,998 (0,995;0,999)
MM_PDir (Kg)	7,21	(0,93)	7,21	(0,93)	1,1%	0,997 (0,990;0,999)	9,33	(0,83)	9,34	(0,85)	0,7%	0,998 (0,994;0,999)
MM_PEsq (Kg)	7,17	(0,87)	7,17	(0,86)	1,2%	0,996 (0,989;0,999)	9,27	(0,81)	9,27	(0,82)	0,6%	0,999 (0,996;1,00)
H2O_BDir (L)	1,74	(1,55)	1,79	(1,51)	3,3%	0,999 (0,998;1,00)	0,79	(0,86)	0,80	(0,85)	13,7%	0,998 (0,993;0,999)
H2O_BEsq (L)	1,76	(1,57)	1,80	(1,53)	4,9%	0,999 (0,998;1,00)	0,80	(0,87)	0,83	(0,89)	6,8%	0,999 (0,996;1,00)
H2O_tron (L)	11,23	(5,33)	11,54	(5,01)	6,4%	0,998 (0,994;0,999)	7,25	(5,28)	7,26	(5,24)	1,7%	1,00 (0,999;1,00)
H2O_PDir (L)	3,44	(1,84)	3,53	(1,76)	3,8%	0,999 (0,997;1,00)	2,11	(1,11)	2,09	(1,10)	3,3%	0,998 (0,994;0,999)
H2O_PEsq (L)	3,41	(1,81)	3,51	(1,73)	4,5%	0,999 (0,995;1,00)	2,08	(1,09)	2,09	(1,07)	1,9%	0,999 (0,998;1,00)

Legenda: AV1: primeira avaliação; AV2: segunda avaliação; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; CCI: coeficiente de correlação intraclase; IC95%: intervalo de confiança de 95%; EPM: erro padrão de medida; DMD: diferença minimamente detectável; MC: massa corporal; H2OTotal: água corporal total; MG: massa de gordura; MM: massa muscular; MLG: massa livre de gordura; %G: percentual de gordura; BDir: braço direito; BEsq: braço esquerdo; Tron: tronco; PDir: perna direita; PEsq: perna esquerda.

4. DISCUSSÃO

O presente estudo teve por objetivo avaliar a confiabilidade e a reprodutibilidade da medida da composição corporal por BIA. Como principais resultados desse estudo teve-se que: 1) todas as variáveis obtiveram níveis de confiabilidade e reprodutibilidade muito altos, segundo valores de CCI; 2) para todas as variáveis, foram encontrados valores de coeficiente de variação baixo, o que reforça a boa reprodutibilidade da medida da composição corporal por BIA; 3) quando seguindo protocolo de preparação prévia para a realização do teste, a avaliação da composição corporal por BIA apresentou baixos valores de EPM e DMD, que indicam uma boa sensibilidade desse método; 4) de modo geral, as mulheres apresentam maior variação da medida da composição corporal por BIA, com essa variação sendo potencializada pelo não seguimento de um protocolo de preparação prévia para a realização do teste.

Os resultados demonstram que os valores de MG, MM e ACT, entre sexo, com e sem preparação prévia para o teste, tiveram resultados satisfatórios nos voluntários avaliados, resultando em valores muito altos para reprodutibilidade.

É importante lembrar que uma má colocação dos eletrodos e o posicionamento errado do sujeito pode, além de criar diferenças nas estimativas de gordura regional, influenciar as medições da BIA. Um estudo que examinou um sistema de BIA de duas derivações de frequência única com colocação de eletrodos mão-pé descobriu que, quando a BIA utilizada com o paciente deitado ou em pé foram comparadas, houve uma mudança mensurável e previsível na resistência do corpo em indivíduos independentemente da idade, sexo e tamanho do corpo (Rush et al., 2006).

As pesquisas sobre a validade e confiabilidade da avaliação da BIA cresceram bastante devido ao preço acessível e a facilidade do uso que ela proporciona aos seus usuários. Assim, alguns estudos foram desenvolvidos com os diferentes sistemas comercializados em populações selecionadas (Talma et al., 2013; Barbosa-Silva et al., 2005; Gupta et al.; 2004).

Nesse estudo, grande parte das variáveis avaliadas apresentaram valores de CV baixo, o que reforça a boa reprodutibilidade da medida da composição corporal por BIA. Em concordância com nossos achados, Lainscak et al. (2006) ao utilizar a BIA para avaliar as mudanças na composição corporal de pacientes com IC (insuficiência cardíaca), não caquéticos, tratados com betabloqueadores tiveram uma boa reprodutibilidade entre as medidas. Usando as fórmulas fornecidas pelo aparelho foram feitas avaliações seriadas

que evidenciaram além desse resultado, um ganho da massa gorda com o uso do medicamento associado à maior sobrevida.

Para Andersen et al. (2011), que avaliaram a precisão de um aparelho BIA (XITRON 4200), as variações fisiológicas diárias deveriam ser levadas em consideração. Esses autores observaram uma precisão das variáveis de 0,5 a 2,4% em crianças de 6 a 14 anos. A variação diária foi de 1,1 a 2,8% e a variação entre dias foi de 2,4 a 5,7%, indicando que a variação diária da hidratação afeta as medidas (Andersen et al., 2011). Em relação a essa variação das medidas no caso do presente trabalho (massa magra; massa gorda; água corporal total), ela foi significativa quando os voluntários não respeitaram as recomendações prévias descritas pelo ESPEN 2004 tanto nas mulheres quanto nos homens e assim reforça a sua importância. O cuidado deveria ser maior nas mulheres que apresentaram as maiores variações de 12,6% (MG), 4,6% (MM e ACT). Ao avaliar a precisão na estimativa da MLG em 82 pacientes do sexo feminino com anorexia nervosa, Marra et al., (2017) com diferentes equações de BIA observaram uma subestimação dos valores em comparação aos esperados de 12,2% a 35,4%.

A precisão e confiabilidade dos dispositivos de BIA no passado desenvolveram-se ao utilizar uma única frequência de 50 kHz para avaliar %GC, FM (massa de gordura), FFM (massa livre de gordura) e água corporal total (TBW) (Lukaski, 2013). Nos últimos anos, notaram-se grandes avanços nas capacidades de medição dos novos dispositivos de BIA (Anderson et al., 2012; Dolezal et al., 2013), devido aos novos múltiplos pontos de contacto do dispositivo, ao aumento do número de frequências utilizadas e ao aumento do número de medições de impedância.

Várias equações foram desenvolvidas e validadas com um coeficiente de correlação de Pearson (r) variando de 0,60 a 0,98 e um erro padrão estimado de 1,37 a 3,47 (Kushner, 1992). Assim, para não comprometer o resultado da análise da composição corporal pela BIA, alguns cuidados prévios são importantes: não consumir álcool 8 horas pelo menos antes do teste; fazer 8 horas de jejum e não realizar exercício de intensidade moderada à elevada nas 8 horas antes da avaliação; não realizar o teste perante a presença de um estado febril ou de desidratação; ir ao banheiro antes do teste; usar roupas leves e remover joias e objetos metálicos ou implantes dentários com metal (quando possível), esvaziar a bexiga antes do exame e não ingerir café antes do início dos testes (Alvero-Cruza et al., 2011).

Existem diferenças entre os sexos quanto à fisiologia do exercício, mesmo antes da puberdade, que aumentam durante a adolescência e a vida adulta afetando a

composição corporal (Caballero, 2001). Naturalmente, os homens possuem maior massa muscular (por peso corporal total) em relação as mulheres que tem maior percentual de gordura corporal que apesar da semelhança na composição de fibras musculares, vemos um volume de cada fibra (I ou II) bem maior nos homens (Caballero, 2001). Consequentemente, isso pode levar a resultados distintos na reprodutibilidade das medidas da composição corporal pelo método da BIA obtidos no trabalho tanto respeitando ou não as recomendações da ESPEN 2004.

Porém, algumas pesquisas mostram que a BIA não sofre nenhum efeito do sexo na medição da água corporal total em pacientes em hemodiálise (Raimann et al.;2014) e em indivíduos saudáveis (Thurlow et al.;2017).

De fato, no presente estudo encontrou-se maior variação na medida da composição corporal por BIA entre as mulheres, que foi mais potencializada pelo não seguimento de um protocolo de preparo prévio para a realização do teste. Com ou sem preparação prévia para o teste, foi encontrado respectivamente um CCI excelente (0,984 a 1,00) e (0,800 a 1,00) tanto para as mulheres quanto para os homens (0,986 a 1,00) e (0,992 a 1,00), porém, com uma maior variação do CV.

Essas variações nas mulheres poderiam ser justificadas pela presença de hormônios específicos tais como os esteroides no ciclo menstrual que pode acarretar alteração na composição corporal, principalmente na segunda fase do ciclo menstrual, após o período da ovulação (White et al., 2011; Gleichaud; Roe, 1989). Também, Ellegard et al.(2016) mostraram que dependendo das situações em que a mulher se apresenta: pós-parto com sobrepeso e obesas, tem uma subestimação da FM (massa gorda) e uma superestimação da MLG pelo MF-BIA (BIA, Bodystat Quadscan 4000).

Estudo com mulheres saudáveis acima de 51 anos, na pós-menopausa, num total de 15 participantes de atividades aquáticas (com atividades duas vezes por semana, com duração de uma hora por sessão), mostrou que os protocolos de BIA bipolar e medidas de antropométrico de três dobras tiveram boa concordância com a DXA, sugerindo a aplicação deste protocolo em mulheres acima de 51 anos de idade (Rech *et al*, 2005).

Entre crianças taiwanesas de 7 a 12 anos de idade, foi buscado informação sobre os efeitos que a diferença de sexo poderia causar nos resultados da composição corporal pela BIA. Assim, descobriram que o dispositivo BIA InBody 230 subestima e superestima a gordura corporal relativa em meninas e meninos respectivamente, porém, nenhuma diferença sexual foi relatada na precisão da massa muscular (Lee et al., 2017). Apesar que, a nossa amostra seja feita de estudantes, teve essa diferença de valores entre

sexo com a BIA InBody 120 que poderia ser justificadas também pelas limitações próprias dos aparelhos devido as variedades de modelos no mercado. Em outros estudos com a BIA também, teve essa mesma subestimação da gordura corporal e dessa vez, os autores chegaram a conclusão que ela não pode ser considerada um bom parâmetro para avaliação em crianças e adolescentes (Lizana-Arce et al., 2011; Porta et al., 2009).

Quinze atletas do sexo masculino, de alto nível de equipe de ciclismo e com idade máxima de 30 anos, todos regulares em competições nacionais e internacionais, tiveram a sua composição corporal comparada por diferentes métodos, como medidas das dobras cutâneas, BIA e DXA. Nesta amostra, observou-se que o %G dos atletas ficaram abaixo de 15% e que os valores de BIA superestimaram significativamente os valores da DXA ($p= 0,002$) não se relacionando significativamente entre si. Já os valores fornecidos pelas medidas de dobras cutâneas foram similares aos valores da DXA (Sangali *et al*, 2012). Contrariamente a esse estudo, nossa amostra mesmo sendo variada e com voluntários de diversas condições físicas mostrou valores baixos nos homens em todas as condições avaliadas.

Para ambos nesse estudo, mesmo que teve uma boa precisão, os valores obtidos na primeira avaliação (sem preparação) foram mais altos em comparação a segunda avaliação corporal (com preparação). O seguimento de protocolos para a realização da avaliação da composição corporal por BIA tem sido indicado como um possível fator para a redução de possíveis erros de medida desse método. Segundo as diretrizes internacionais, o teste de BIA deveria ser realizado em estado de jejum, 8 horas depois qualquer refeição e uso de liquido incluindo as alcoólicas (Kyle et al., 2004) pois poderia apresentar alterações nos resultados. A média de variação dos parâmetros da impedância poderia estar em torno de 4 a 15 V quando tem uma ingestão 3 a 4 h antes do exame (Kushner et al., 1996; Heitmann, 1994).

Em indivíduos idosos saudáveis, uma pesquisa avaliou os efeitos dos alimentos nos resultados da composição corporal (Vilaca et al., 2009). Os pesquisadores encontraram reduções respectivamente de 18 V nos valores de impedância e 2% de gordura corporal quando se tem uma ingestão média de 654 kcal, 2h a 4h antes do teste (Vilaca et al., 2009). Isso poderia justificar os valores de CV que indicaram uma menor reprodutibilidade para algumas variáveis do nosso estudo quando foi feito sem preparação prévia. Vilaca et al. (2009) descobriram também uma redução da massa gorda de 0,05 kg quando o paciente ingeriu 299 kcal de manhã 1h antes do teste. No entanto, alterações na massa gorda <2kg não poderiam ser visualizadas devidos as limitações de equipamento

mais antigos (Heitmann et al., 1994).

Ao longo de 24h com indivíduos saudáveis, Slinde e Rossander- Hulten (2001) avaliaram 18 vezes a impedância de pacientes submetidos a três refeições: Café da manhã, almoço e jantar. Foi notada, uma diminuição dos resultados da impedância, junto a uma variação de $\pm 8,8\%$ de gordura corporal nas mulheres e $\pm 9,9\%$ nos homens.

Evans et al. (1998) em sua pesquisa com a BIA mão-pé, não encontraram nenhuma mudança significativa após o consumo de 1L de água, enquanto Scheltinga et al. (1991) observaram uma diminuição nos resultados da composição corporal depois ingestão de 1L de uma infusão salina. Da mesma forma que Kusher et al. (1996) observaram que o consumo alimentar mexe nos resultados da impedância. Slinde e Rossander – Hulthen (2001) relataram a diminuição significativa nas medidas da impedância depois 2h de consumo de bebida combinada com uma refeição sólida contendo 28% de gordura. Obteve-se então, além de uma diminuição das variáveis da composição corporal, uma alteração de 8% destas em relação ao dispositivo de base para comparação 4h depois das refeições.

Nesse sentido, o seguimento de um protocolo para a realização das avaliações da composição corporal pelo método da BIA se faz imprescindível, visto que pode auxiliar no aumento da precisão e confiabilidade de suas medidas e, ao mesmo tempo, reduzir a variação apresentada pelas mesmas e as pessoas de ambos os sexos.

5. CONCLUSÃO

Diante dos resultados encontrados na presente pesquisa, conclui-se que ao avaliar a confiabilidade da BIA pelo CCI notou-se que, de forma geral, os resultados foram ótimos, independentemente da preparação prévia ou não e também entre sexo. A reprodutibilidade pelo CV não foi tão boa sem o respeito das recomendações prévias para a realização do teste. Os hormônios femininos e outros fatores como a estrutura corporal das mulheres poderiam ser responsáveis pela menor reprodutibilidade no sexo feminino, especialmente, quando não se respeita a preparação prévia. As variáveis com menor reprodutibilidade foram massa gorda, percentual de gordura corporal e a água corporal apendicular nas mulheres e nos valores da água corporal apendicular dos braços nos homens. Assim, o seguimento das recomendações prévias para a realização do teste de BIA torna-se primordial e importante na avaliação da composição corporal, pois, aumenta a reprodutibilidade das variáveis de MG, MM e ACT entre sexos.

REFERÊNCIAS

- ALVERO – CRUZA, Jose Ramon *et al.* **La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal, normas prácticas de utilización.** Rev Andal Med Deporte, 2011.
- ANDERSON, Laura J *et al.* **Utility of multifrequency bioelectrical impedance compared with dual-energy x-ray absorptiometry for assessment of total and regional body composition varies between men and women.** Nutr Res, 2012.
- American College of Sports Medicine. **Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults.** Med Sci Sports Exerc, 2009.
- American College of Sports Medicine. **Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise.** Med Sci Sports Exerc, 2011.
- BARBOSA- SILVA, Maria Cristina *et al.* **Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex.** The American Journal of Clinical Nutrition, 2005.
- BECKERMAN, Helena *et al.* **Smallest real difference, a link between reproducibility and responsiveness.** Qual Life Res, 2001.
- BOSQUET, Laurent *et al.* **Effect of the lengthening of the protocol on the reliability of muscle fatigue indicators.** Int J Sports Med, 2010.
- CABALLERO, Benjamin. **Symposium: Obesity in developing countries: biological and ecological factors.** J Nutr, 2001. PUOANE, Thandi *et al.* **Obesity in South Africa: The South African Demographic and Health Survey.** Obesity Research, 2002.
- CAMINHA, Taina C *et al.* **Waist-to-height ratio is the best anthropometric predictor of hypertension: A population-based study with women from a state of northeast of Brazil.** Medicine (Baltimore), 2017.
- DOLEZAL, Brett A *et al.* **Validity of two commercial grade bioelectrical impedance analyzers for measurement of body fat percentage.** J Exerc Physiol Online, 2013.
- EATON, S Boyd; EATON, Stanley B. **Physical Inactivity, Obesity, and Type 2 Diabetes: An Evolutionary Perspective.** Res Q Exerc Sport, 2017.
- ELLEGARD, Lars *et al.* **Body composition in overweight and obese women postpartum: bioimpedance methods validated by dual energy X-ray absorptiometry and doubly labeled water.** Eur J Clin Nutr, 2016.

EVANS, William David *et al.* **Factors affecting the in vivo precision of bioelectrical impedance analysis.** Appl. Radiat. Isot, 1998.

FOSBOL, Zerahn B. **Métodos contemporâneos de medição da composição corporal.** Clin Physiol Funct Imaging, 2015.

GLEICHAUF, Christine-Noel; ROE, Daniel A. **The menstrual cycle's effect on the reliability of bioimpedance measurements for assessing body composition.** The American Journal of Clinical Nutrition, 1989.

GUPTA, Digant *et al.* **Bioelectrical impedance phase angle in 18 clinical practice: implications for prognosis in advanced colorectal cancer.** The American journal of clinical nutrition, 2004.

HEITMANN, Berit Lilienthal. **Impedance: a valid method in assessment of body composition?** Eur J Clin Nutr, 1994.

KUSHNER, Robert F *et al.* **Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements.** Am J Clin Nutr, 1996.

KYLE, Ursula G *et al.* **Composition of the ESPEN Working Group. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods.** Clin Nutr, 2004.

LAINSCAK, Mitja *et al.* **Body composition changes in patients with systolic heart failure treated with beta blockers: a pilot study.** Int J Cardiol, 2006.

LEE, Seon Yeong; GALLAGHER, Dymrna. **Assessment methods in human body composition.** Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2008.

LEE, LW *et al.* **Validação de duas análises portáteis de bioimpedância elétrica para avaliação da composição corporal em crianças em idade escolar.** PLoS Um, 2017.

LIZANA-ARCE, Pablo Jose *et al.* **Inconsistency between the body fat percentages estimated through anthropometric measurements and manual bioimpedance in children and adolescents.** Int J Morphol, 2011.

LUKASKI, Henry C. **Evolution of bioimpedance: A circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research.** European Journal of Clinical Nutrition, 2013.

MARRA, Mateus *et al.* **Prediction of body composition in anorexia nervosa: Results from a retrospective study.** Clin Nutr. 2017.

MARTIN, Castellanos Á *et al.* **Obesidad y riesgo de infarto de miocardio en una muestra de varones europeos: El índice cintura-cadera sesga el riesgo real de la obesidad abdominal.** Nutr Hosp, 2017.

MATTSSON, Soren; THOMAS, Brian J. **Development of methods for body composition studies.** Phys Med Biol, 2006.

MENTIPLAY, Benjamin F *et al.* **Assessment of Lower Limb Muscle Strength and Power Using Hand-Held and Fixed Dynamometry: A Reliability and Validity Study.** PLoS One, 2015.

MINN, Yang-Ki; SUK, Seung-Han. **Higher skeletal muscle mass may protect against ischemic stroke in community-dwelling adults without stroke and dementia: The PRESENT project.** BMC Geriatr, 2017.

MORAN, José Manuel *et al.* **Methods for nurses to measure body composition.** Rev Lat Am Enfermagem, 2011. RECH, C. R.; SILVA, A. T.; LUNARDI, C. C.; BOHRER T.;

Petroski, E. L. **Comparação da absorciometria radiológica de dupla energia, antropometria e impedância bioelétrica na avaliação corporal em mulheres,** ISSN-e 1514-3465, Nº. 91, 2005.

PORTA, Jordi *et al.* **Valoración de la grasa corporal en jóvenes físicamente activos: antropometría vs bioimpedancia.** Nutr Hosp, 2009.

RAIMANN, Jochen G *et al.* **Comparison of fluid volume estimates in chronic hemodialysis patients by bioimpedance, direct isotopic, and dilution methods.** Kidney Int, 2014.

RUSH, Elaine C *et al.* **Validade da medição mão-pé da bioimpedância: Em pé comparado com a posição deitada.** Obesidade (Primavera de Prata), 2006.

TALMA, Hendler *et al.* **Análise de bioimpedância elétrica para estimar a composição corporal em crianças e adolescentes: uma revisão sistemática e avaliação de evidências de validade, responsividade, confiabilidade e erro de medida.** Obesidade revisões: um jornal oficial da Associação Internacional para o Estudo da Obesidade, 2013.

THURLOW, Sue *et al.* **Effects of procedure, upright equilibrium time, sex and BMI on the precision of body fluid measurements using bioelectrical impedance analysis.** Eur J Clin Nutr, 2017.

SANGALI, Eduardo Bernado *et al.* **Comparação entre diferentes métodos para estimativa de gordura corporal de ciclistas brasileiros de elite.** Rev. Educ. Fis/UEM, 2012.

SANT'ANNA, Mônica de Souza L *et al.* **Métodos de avaliação da composição corporal em crianças.** Rev Paul Pediatr, 2009.

SCHELTINGA, Marc Reinoud *et al.* **Alterations in body fluid content can be detected by bioelectrical impedance analysis.** J. Surg, 1991.

SLINDE, Frode; ROSSANDER-HULTHEN, Lena. **Bioelectrical impedance: effect of 3 identical meals on diurnal impedance variation and calculation of body composition.** Am. J. Clin. Nutr, 2001.

URQUIDEZ, Romero R *et al.* **Abdominal obesity is strongly associated to blood pressure in young Mexicans.** Nutr Hosp, 2017.

VILACA, Karla Helena Coelho *et al.* **Effect of , fluid and food intake on the body composition evaluation of elderly persons.** J Nutr Heal Aging, 2009.

WANG, Jack *et al.* **Anthropometry in body composition: an overview.** Am NY Acad Sci, 2000.

WHITE, Colin P *et al.* **Fluid retention over the menstrual cycle: 1-year data from the prospective ovulation cohort.** Obstetrics and Gynecology International, 2011.

WILLIAMS John R. **The Declaration of Helsinki and public health.** Bull World Health Organ, 2008.

YU, Solomon *et al.* **Lean body mass: the development and validation of prediction equations in healthy adults.** BMC Pharmacol Toxicol, 2013.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os resultados deste trabalho de pesquisa e com base nos objetivos estabelecidos no seu início, é possível concluir que:

A BIA tornou-se um aparelho muito utilizado pelos profissionais de saúde por sua praticidade e rapidez na avaliação da composição corporal. Os estudos tem confirmado a sua boa precisão nos resultados, em comparação a métodos padrão-ouro, desde que sejam observadas as recomendações do fabricante e da ESPEN 2004 para tanto manusear o aparelho que preparar o paciente antes da avaliação. Sendo assim, deve-se atentar a fatores de hidratação anormal, má nutrição severa, obesidade, doenças neuromusculares ou dermatológicas extensas na interpretação dos resultados a fim de minimizar possíveis erros e potencializar os benefícios.

Além disso, seguindo os protocolos de preparação prévia a BIA mostra uma boa confiabilidade e reprodutibilidade, independentemente do sexo. Os valores observados sofrem variações principalmente nas mulheres, levando a uma menor reprodutibilidade no sexo feminino, especialmente, quando não se respeita a preparação prévia. As variáveis com menor reprodutibilidade foram da massa gorda, do percentual de gordura corporal e da água corporal apendicular nas mulheres e da água corporal apendicular dos braços nos homens. Nesse sentido, reforça-se a necessidade de respeitar os protocolos de preparação prévia para uma boa confiabilidade e a reprodutibilidade de todas as variáveis da composição corporal, quando analisadas pelo método da BIA.

ANEXOS

Certificado dos resumos publicados

ANEXO A: CONFIABILIDADE A REPRODUTIBILIDADE DA MEDIDA DA COMPOSIÇÃO CORPORAL POR BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA



RESUMO

A rápida mudança no campo das ciências da saúde faz com que a formação inicial dos profissionais envolvidos nessa área se torne rapidamente obsoleta. Novos equipamentos e tecnologias, bem como procedimentos e novas práticas, são temas que exigem constante atualização do conhecimento nas ciências da saúde (Moran, Lavado-Garcia, Pedrera-Zamorano, 2011). O estudo da composição corporal é um assunto de crescente interesse e pode ser realizado tanto para fins de pesquisa (servindo de modelo para futuras aplicações práticas), quanto para fins clínicos, para fazer uma análise das condições clínicas de um determinado sujeito ou grupo de sujeitos. Um dos métodos muito usado hoje em dia para tal avaliação, é a Bioimpedância elétrica BIA. Este método é baseado no princípio de que a condutividade da água do corpo varia nos diferentes compartimentos (Lee, Gallagher, 2008), é rápido, não invasivo e relativamente barato para estimar a quantidade de gordura corporal, além da sua facilidade de aplicação e portabilidade. Desta forma, nos últimos anos a utilização da BIA para análise da composição corporal tem aumentado, contudo, a variedade de aparelhos comercializados tem gerado discussões sobre a validade das mensurações obtidas por aparelhos com tecnologias diferenciadas, o que poderia prejudicar a interpretação destes resultados. Assim, o presente projeto tem por objetivo avaliar a confiabilidade e a reprodutibilidade da medida da composição corporal por bioimpedância elétrica (BIA). Para tanto, serão avaliados indivíduos saudáveis com idade entre 18 e 24 anos, de ambos os sexos. Para verificar a reprodutibilidade da BIA para medir a composição corporal, os voluntários serão submetidos a dois exames de corpo total usando um aparelho de BIA da marca InBody, modelo InBody 120. O equipamento será calibrado antes de conduzir as explorações. A partir dessas avaliações, será possível analisar os dados referentes à MG, MM e ACT de corpo total e de membros, de cada um dos avaliados. Esses parâmetros de desfecho serão utilizados para calcular o coeficiente de variação (CV), o coeficiente de correlação intraclasse (CCI) e seu intervalo de confiança de 95% (IC95%). Acreditamos que o monitoramento preciso da composição corporal pode ter aplicação clínica significativa que pode interferir no diagnóstico e prescrição do tratamento medicamentoso ou não medicamentoso. Esses possíveis desdobramentos do presente projeto podem, portanto, contribuir para a melhoria da oferta de serviços essenciais à saúde para uma parcela significativa da população brasileira, o que está de acordo com as prioridades, no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

(MCTIC), no que se refere a projetos de pesquisa, de desenvolvimento de tecnologias e inovações, para o período 2020 a 2023.

PALAVRAS-CHAVE: Saúde; Massa Muscular; Massa Gorda.

ANEXO B: CONFIABILIDADE E REPRODUTIBILIDADE DA MEDIDA DA COMPOSIÇÃO CORPORAL POR BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA



RESUMO:

Introdução: O estudo da composição corporal é um assunto de crescente interesse e pode ser realizado tanto para fins de pesquisa (servindo de modelo para futuras aplicações práticas), quanto para fins clínicos (fazer uma análise das condições clínicas de um determinado sujeito). Por se tratar de um método duplamente indireto, que pode apresentar grande variação e baixa precisão de seus resultados, é necessário compreender qual o nível de confiabilidade e de reprodutibilidade das medidas da composição corporal por bioimpedância elétrica (BIA). **OBJETIVO:** Avaliar a confiabilidade e a reprodutibilidade da medida da composição corporal por BIA, seguindo as recomendações de preparação prévia para o teste. **MÉTODOS:** Participaram da presente pesquisa 29 voluntários de ambos os sexos, com idade média de 24 ± 2 anos, estatura média de $169,89 \pm 8,02$ cm e massa corporal média de $71,45 \pm 12,71$ Kg. Os voluntários foram submetidos a dois exames consecutivos de corpo total, usando um aparelho de BIA da marca InBody, modelo InBody230 e seguindo um protocolo de preparação prévia para a realização do teste. O protocolo envolvia a recomendação de: abstenção, por 12 horas, da ingestão de álcool, alimentos e exercício físico de intensidade moderada à elevada; não realização do teste perante a presença de um estado febril ou de desidratação; ir ao banheiro antes do teste; usar roupas leves e remover jóias e objetos metálicos e não ingerir café antes do início dos testes. Com isso, foi possível analisar os dados referentes à massa corporal total (MCT), massa gorda (MG), massa livre de gordura (MLG), percentual de gordura corporal (%GC), massa muscular esquelética (MME) e água corporal total (ACT) de cada um dos avaliados. Esses parâmetros de desfecho foram utilizados para calcular o coeficiente de variação (CV), o coeficiente de correlação intraclasse (CCI) e seu intervalo de confiança de 95% (IC95%). **RESULTADOS:** Para todas as variáveis analisadas pela BIA foram encontrados valores de CCI muito altos: MCT (CCI= 1,00; IC95%= 1,00;1,00), ACT (CCI= 1,00; IC95%= 0,999;1,00), MG (CCI= 1,00; IC95%= 0,999;1,00), MME (CCI= 1,00; IC95%= 0,999;1,00), MLG (CCI= 1,00; IC95%= 0,999;1,00) e %GC (CCI= 1,00; IC95%= 0,999;1,00). Foram encontrados também, baixos valores de CV para: MCT (CV= 0,1%), ACT (CV= 0,6%), MME (CV= 0,6%), MLG (CV= 0,6%), MG (CV=3,3%) e %GC (CV=3,3%). **Conclusão:** Ao seguir as recomendações de um protocolo de preparação prévia para sua realização, a medida da composição corporal por BIA apresenta alta confiabilidade e reprodutibilidade.

Palavras-chave Composição corporal, Massa Muscular, Massa Gorda.

ANEXO C: COMPOSIÇÃO CORPORAL POR BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA: UMA ANÁLISE DA CONFIABILIDADE E REPRODUTIBILIDADE, SEM PROTOCOLO DE PREPARAÇÃO PREVIA.



RESUMO:

Introdução: O estudo da composição corporal é um assunto de crescente interesse e pode ser realizado tanto para fins de pesquisa, quanto para fins clínicos. No entanto, existem protocolos com recomendações prévias para a realização deste teste, que em condições de prática profissional, nem sempre são viáveis de ser seguidas. Resta saber qual seria o impacto de não seguir essas recomendações na realização da bioimpedância elétrica (BIA) sobre os resultados das medidas da composição corporal. **Objetivo:** Avaliar a confiabilidade e a reprodutibilidade da medida da composição corporal por BIA, sem a utilização de um protocolo de preparação prévia. **Métodos:** Foram avaliados 29 voluntários de ambos os sexos, com idade média de 24 ± 2 anos, estatura média de $169,89 \pm 8,02$ cm e massa corporal média de $71,45 \pm 12,71$ Kg. Para verificar a reprodutibilidade da BIA para medir a composição corporal, os voluntários foram submetidos a dois exames de corpo total usando um aparelho de BIA da marca InBody, modelo InBody230. O equipamento foi calibrado antes de conduzir as explorações. A partir dessas avaliações, foi possível analisar os dados referentes à massa corporal total (MCT), massa gorda (MG), massa livre de gordura (MLG), percentual de gordura corporal (%GC), massa muscular esquelética (MME) e água corporal total (ACT) de cada um dos avaliados. Esses parâmetros de desfecho foram utilizados para calcular o coeficiente de variação (CV), o coeficiente de correlação intraclasse (CCI) e seu intervalo de confiança de 95% (IC95%). **Resultados:** Para todas as variáveis analisadas pela BIA foi encontrado um CCI muito alto, variando entre 0,981 a 1,00: MCT (CCI= 1,00; IC95%= 1,00;1,00), ACT (CCI= 0,994; IC95%= 0,987;0,997), MG (CCI= 0,996; IC95%= 0,992;0,998), MME (CCI= 0,994; IC95%= 0,987;0,997), MLG (CCI= 0,993; IC95%= 0,986;0,997) e %GC (CCI= 0,988; IC95%= 0,974;0,994). Adicionalmente, foram encontrados baixos valores de CV para: MCT (CV= 0,1%), ACT (CV= 3,2%), MME (CV= 3,2%) e MLG (CV= 3,3%). No entanto, foram encontrados valores de CV que indicam uma menor reprodutibilidade para as variáveis MG (CV=8,8%) e %GC (CV=8,8%). **Conclusão:** Sem seguir um protocolo de preparação prévia para a realização do teste, a medida da composição corporal por BIA apresenta alta confiabilidade e reprodutibilidade, porém grande variação para aquelas variáveis relacionadas a gordura corporal.

Palavras-chave: Composição corporal; Massa Muscular, Massa Gorda.

ANEXO D: O SEXO E A CONDIÇÃO METODOLÓGICA SÃO FATORES DETERMINANTES NA CONFIABILIDADE E NA REPRODUTIBILIDADE DA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL POR BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA



RESUMO:

O uso da bioimpedância elétrica (BIA) na avaliação da composição corporal pode facilitar o diagnóstico do profissional de saúde e também agilizar o processo de tratamento do paciente. Nesse intuito, esse trabalho teve como objetivo verificar a confiabilidade e reprodutibilidade dos valores de massa gorda (MG), massa magra (MM) e água corporal (H₂O) entre sexo, com e sem preparação prévia para o teste. Participaram da presente pesquisa 29 voluntários de ambos os sexos, com idade média de 24 ± 2 anos, estatura média de $169,89 \pm 8,02$ cm e massa corporal média de $71,45 \pm 12,71$ Kg, submetidos a dois exames consecutivos de corpo total, usando um aparelho de BIA da marca InBody, modelo InBody230 e seguindo aleatoriamente duas condições, em dois dias diferentes, separados por 48 horas. A primeira condição seguia um protocolo de preparação prévia para a realização do teste e a segunda condição sem nenhum protocolo de preparação prévia. Com isso, foi possível analisar dados referentes à massa corporal total, MG, MM, percentual de gordura corporal e água corporal total dos avaliados. Foram calculados o coeficiente de variação (CV), o coeficiente de correlação intraclasse (CCI) e seu intervalo de confiança de 95% (IC95%). A análise dos resultados mostrou níveis de confiabilidade e reprodutibilidade muito altos em ambos os sexos, segundo os valores de CCI que foram reforçados pelos baixos valores de CV, quando realizada a preparação prévia. Por fim, a BIA apresentou uma boa confiabilidade e reprodutibilidade para avaliação da composição corporal, porém, o respeito das recomendações torne-se primordial e necessário para resultados mais eficientes.

Palavras-chave: Bioimpedância elétrica; Composição corporal; Confiabilidade; Reprodutibilidade; Massa magra; Massa gorda; Água corporal.

ANEXO E: BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA NA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL: UMA REVISÃO DE LITERATURA DOS PRINCÍPIOS BIOFÍSICOS, DIFERENTES TIPOS, ASPECTOS METODOLÓGICOS, VALIDADE E APLICABILIDADE DE SUAS MEDIDAS.

CARTA DE ACEITE

Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento

Prezados Autores:

Irina Sidoine Sossou
Gabriella Elisa Magalhães da Silva
Claudia Eliza Patrocínio de Oliveira
Oswaldo Costa Moreira

Artigo Original

BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA NA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL: UMA REVISÃO DOS PRINCÍPIOS BIOFÍSICOS, DIFERENTES TIPOS, ASPECTOS METODOLÓGICOS, VALIDADE E APLICABILIDADE DE SUAS MEDIDAS

E-mail para correspondência:
osvaldo.moreira@ufv.br

É com muita satisfação que declaro que o trabalho com o título e autores descrito acima foi aceito para publicação na Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento - RBONE.

Cordiais Saudações.

Prof. Dr. Francisco Navarro
Editor Chefe

Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento

São Paulo, 05 de Junho de 2022. ISSN 1981-9919 Versão Eletrônica

www.rbone.com.br

RESUMO:

A avaliação da composição corporal é um importante aspecto na determinação das condições físicas, em diferentes processos relacionados à saúde. Ela auxilia tanto em pesquisas, como em situação de emagrecimento ou prevenção/tratamento de doenças crônicas como o diabetes, a hipertensão arterial, a dislipidemia e doenças cardiovasculares. A bioimpedância elétrica (BIA), por ser um aparelho de fácil transporte, não invasivo e de uso rápido, vem ganhando grande destaque no mercado. Assim, o objetivo desse trabalho é revisar uso da BIA na avaliação da composição corporal, com foco em discutir os diferentes tipos de BIA, apresentar sua ideia central, seus principais aspectos metodológicos e a validade das medidas que ela oferece. De modo geral, é possível observar que existe uma variedade de aparelhos de BIA que se categorizam pelo número de elétrodos usados, pela região submetida à avaliação ou pela frequência usada. Em ambos os aparelhos, o funcionamento baseia-se na oposição entre a resistência e a reatância. Adicionalmente, a precisão das medidas deste método, apresenta resultados satisfatórios, quando observados alguns procedimentos e protocolos padronizados. Contudo, situações de hidratação anormal, mal nutrição severa, obesidade, doenças neuromusculares ou dermatológicas extensas requerem em um cuidado mais criterioso do avaliador na interpretação dos resultados.

PALVRAS CHAVES: Saúde; Impedância Elétrica; Composição corporal; Distribuição da Gordura Corporal; Obesidade.