



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Tamyr Faria Borges dos Santos

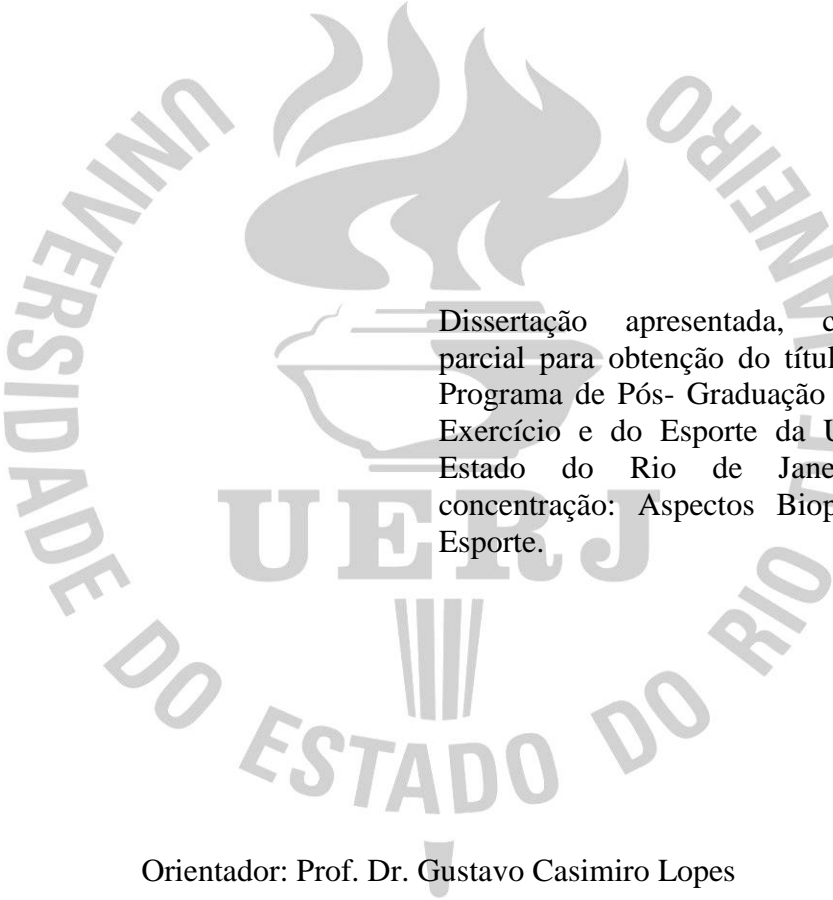
**O uso da bioimpedância elétrica como possível ferramenta de avaliação do  
treinamento em atletas de futebol**

Rio de Janeiro

2022

Tamyr Faria Borges dos Santos

**O uso da bioimpedância elétrica como possível ferramenta de avaliação do treinamento em atletas de futebol**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós- Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Casimiro Lopes

Rio de Janeiro

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

S337 Santos, Tamy Farias Borges dos.  
O uso da bioimpedância elétrica como possível ferramenta de avaliação do treinamento em atletas de futebol / Tamy Farias Borges dos Santos. – 2022.  
33 f.: il.

Orientador: Gustavo Casimiro Lopes.  
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Jogadores de futebol – Treinamento físico – Teses. 2. Impedância elétrica - Teses. 3. Desempenho atlético – Teses. 4. Jogadores de futebol - Brasil – Teses. I. Lopes, Gustavo Casimiro. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 796.332:796.015.33

Bibliotecária: Mirna Lindenbaum CRB7 4916

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Tamyr Faria Borges dos Santos

**O uso da bioimpedância elétrica como possível ferramenta de avaliação do treinamento em atletas de futebol**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós- Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Esporte.

Aprovada em 10 de junho de 2022.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Gustavo Casimiro Lopes (Orientador)  
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

---

Prof. Dr. Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes  
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

---

Prof. Dr. Gabriel Boaventura da Cunha  
Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Marcelo José Colonna de Miranda  
Centro Universitário Augusto Motta

Rio de Janeiro

2022

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta dissertação à minha esposa  
Byanca e a minha filha Luísa que estão sempre  
ao meu lado demonstrando apoio nos  
momentos difíceis.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família que sempre me ajudou bastante em todos os momentos.

Ao meu orientador Prof. Gustavo Casimiro Lopes, que tenho acompanhado desde a época da minha graduação, até o mestrado. Por todos os ensinamentos e oportunidades de aprender.

Aos meus amigos Raman Reis, Gabriel Boaventura e Marcelo Colonna, pelo convívio e discussões de artigos, que foram muito importantes para o meu crescimento e aprendizado durante o processo.

Aos alunos de iniciação científica do Laboratório de Fisiopatologia do Exercício, em especial a Alanna Vargas e Nathalia Nehme, que sempre ajudaram nas coletas e sem eles realizar esse estudo teria sido muito mais difícil.

A todos os colegas, servidores e professores da pós-graduação em Ciências do Exercício e do Esporte pelo convívio e aprendizado.

## RESUMO

SANTOS, Tamyr Farias Borges dos. *O uso da bioimpedância elétrica como possível ferramenta de avaliação do treinamento em atletas de futebol*. 2022. 33 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Treinadores e comissão técnica em geral utilizam diferentes métodos de avaliação que podem ser empregados para o controle e acompanhamento das diversas etapas de treinamento do físico, de forma que torne possível estimar possíveis modificações na condição física geral de um atleta. Um dos melhores métodos é a análise sanguínea, porém, a realização de coletas de sangue possuem diversos obstáculos, uma vez que, o procedimento de coleta necessita de profissionais especializados, equipamentos laboratoriais para o processamento e armazenamento do material coletado e causa muito desconforto quando são necessárias coletas sucessivas. Esta dissertação propõe como alternativa a utilização de medidas advindas de bioimpedância como alternativa não-invasiva. Sendo um método relativamente mais prático e rápido, este método possui uma aplicação potencial para o monitoramento do desempenho físico em atletas. A medida da bioimpedância está muito associada com a observação do estado de hidratação e da composição corporal. Ademais, outras medidas como o ângulo de fase e os vetores de bioimpedância (BIVA) podem fornecer informações adicionais fisiologicamente relevantes. O ângulo de fase é definido como a transformação angular geométrica da razão entre reactância (capacitância resistiva das membranas celulares) e resistência (oposição pura do condutor biológico para a corrente elétrica) que os tecidos corporais oferecem à passagem de corrente elétrica de baixa intensidade. Por sua vez, a BIVA permite avaliar a relação entre os estados de hidratação e massa celular ao longo de um período de tempo. Este estudo tem como objetivo observar o comportamento do ângulo de fase e da BIVA antes e após três meses de treinamento físico em atletas de futebol e realizar comparações destas medidas com os parâmetros do teste físico *Bangsbo Sprint Test* em atletas de futebol de elite. Os resultados mostram que a melhora do desempenho físico obtido com o treinamento físico promoveu uma melhora no ângulo de fase, apontando uma melhora no estado de hidratação celular dos participantes, e os dados da BIVA mostram uma melhora nos componentes de massa celular e água intramuscular (corroborados diretamente pela BIA).

Palavras-chave: Treinamento físico. COD. Ângulo de fase. BIVA. Atletas de futebol.

## ABSTRACT

SANTOS, Tamyr Farias Borges dos. *The use of bioelectrical impedance as a possible tool to assess physical training in soccer athletes*. 2022. 33 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Coaches and technical committee in general use different evaluation methods that can be used to control and monitor the different stages of physicist training, in a way that makes it possible to estimate possible changes in the general physical condition of an athlete. Within these measures, the performance of blood collections has several obstacles, since the collection procedure requires specialized professionals, laboratory equipment for processing and storage of the collected material and causes a lot of discomfort when successive collections are necessary. This dissertation proposes as an alternative the use of bioimpedance measurements as a non-invasive alternative. Being a relatively more practical and faster method, this method has a potential application for monitoring physical performance in athletes. Bioimpedance measurement is closely associated with the observation of hydration status and body composition. On the other hand, other measures such as phase angle and bioimpedance vectors (BIVA) can provide additional physiologically relevant information. The phase angle is defined as the geometric angular transformation of the ratio between reactance (resistive capacitance of cell membranes) and resistance (pure opposition of the biological conductor to the electrical current) that body tissues offer to the passage of low-intensity electrical current. BIVA, in turn, allows us to assess the relationship between hydration states and cell mass over a period of time. This study aims to observe the behavior of the phase angle and BIVA before and after three months of physical training in soccer athletes and to compare these measurements with the parameters of the Bangsbo Sprint Test physical test in professional soccer athletes. The results show that the improvement in physical performance obtained with physical training promoted an improvement in the phase angle, pointing to an improvement in the cellular hydration status of the participants, the BIVA data complementarily show an improvement in cell mass and intramuscular water components (directly corroborated by BIA).

Keywords: Physical training. COD. Phase angle. BIVA Soccer athletes.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Número de sprints ao longo das temporadas da <i>English Premier League</i> .....	10
Figura 2 -	Valores de ângulo de fase em atletas adultos de diferentes modalidades esportivas.....	12
Figura 3 -	Nomograma de BIVA com os valores no gráfico de tolerância de elipses.....	13

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	09
1	<b>OBJETIVOS</b> .....	15
1.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	15
1.1.1	<u>Objetivos Específicos</u> .....	15
2	<b>ARTIGO 1 – CHRONIC TRAINING EFFECTS UPON PHASE ANGLE AND BIOELECTRIC IMPEDANCE VECTOR ANALYSIS IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS</b> .....	16
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	29
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	30
	<b>ANEXO - Aprovação do Comitê de Ética</b> .....	33

## INTRODUÇÃO

A prática do treinamento físico em atletas tem como objetivo principal, a melhora do desempenho físico. Neste sentido, se faz necessário o uso constante de ferramentas de análise e diagnóstico, tanto das valências físicas (força, potência, flexibilidade), como de outros fatores que possam influenciar essas variáveis (marcadores bioquímicos, hormônios).

A utilização de testes físicos no esporte é bastante relevante, uma vez que a mensuração de uma determinada valência física, pode ser um fator determinante no desempenho de um atleta ou equipe (CHAABENE *et al*, 2018). Entre os esportes coletivos, o futebol se destaca pois é um dos esportes mais praticados no mundo<sup>1</sup>, fato que atrai grande foco de atenção não apenas para a modalidade em si, como para todos os outros aspectos de sua prática, sendo a Ciência do Esporte uma grande área de interesse. Neste sentido, tem se observado uma grande evolução quanto às práticas de avaliação do estado físico dos atletas, uma vez que este se encontra intrinsecamente ligado ao desempenho do atleta (DIJKSTRA *et al*, 2014).

A Ciência do Esporte, com o objetivo de aprofundar o entendimento do estado físico dos atletas e os efeitos dos treinamentos sobre o metabolismo, através dos estudos publicados já demonstrou que ações intensas de curta duração (sprints) se baseiam predominantemente no uso de ATP e glicose como substrato energético principal, porém o papel das vias aeróbias de produção de energia também não pode ser descartado, uma vez que esta participação tem papel na regeneração de ATP (JONES *et al*, 2013). Sendo assim, apesar da potência anaeróbia ser relevante no desempenho de um determinado atleta, não se pode negligenciar a potência aeróbia que também é uma valência fundamental durante a preparação física.

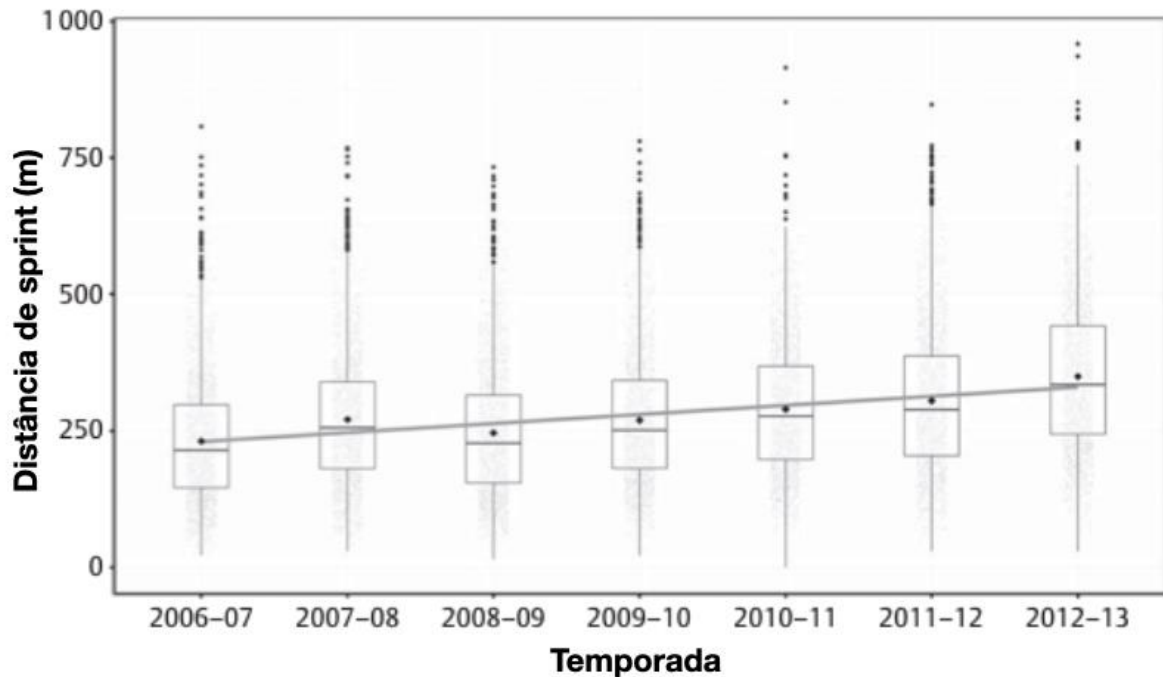
O uso de testes físicos tem se ampliado de forma importante, sendo que os testes que procuram avaliar a potência muscular anaeróbia e aeróbia são os mais presentes (FÍLTER *et al*, 2019; KARAKOÇ *et al*, 2012; TESSITORE *et al*, 2005). Neste sentido, a potência anaeróbia é hoje uma das valências físicas mais relevantes no futebol profissional, uma vez que atletas de elite podem executar até 250 ações de curta duração de alta intensidade (BISHOP *et al*, 2011), fato que pode ser determinante no desfecho de uma partida (TURNER; STEWART, 2013), em razão do jogador mais bem preparado fisicamente levar vantagem sobre o adversário e concluir a jogada marcando um gol. Na Figura 1 é possível se observar o

---

<sup>1</sup> Most popular sports in the world (1930-2020). <https://statisticsanddata.org/most-popular-sports-in-the-world/>

número de *sprints* realizados durante os jogos da English Premier League entre as temporadas de 2006-2007 até a temporada de 2012-2013, onde foi observado um aumento de 50% na realização deste tipo de tarefa motora (BARNES *et al*, 2014).

Figura 1 - Número de sprints



Legenda: Número de sprints ao longo das temporadas da *English Premier League* entre os anos de 2006 e 2013.

Fonte: BARNES *et al*, 2014.

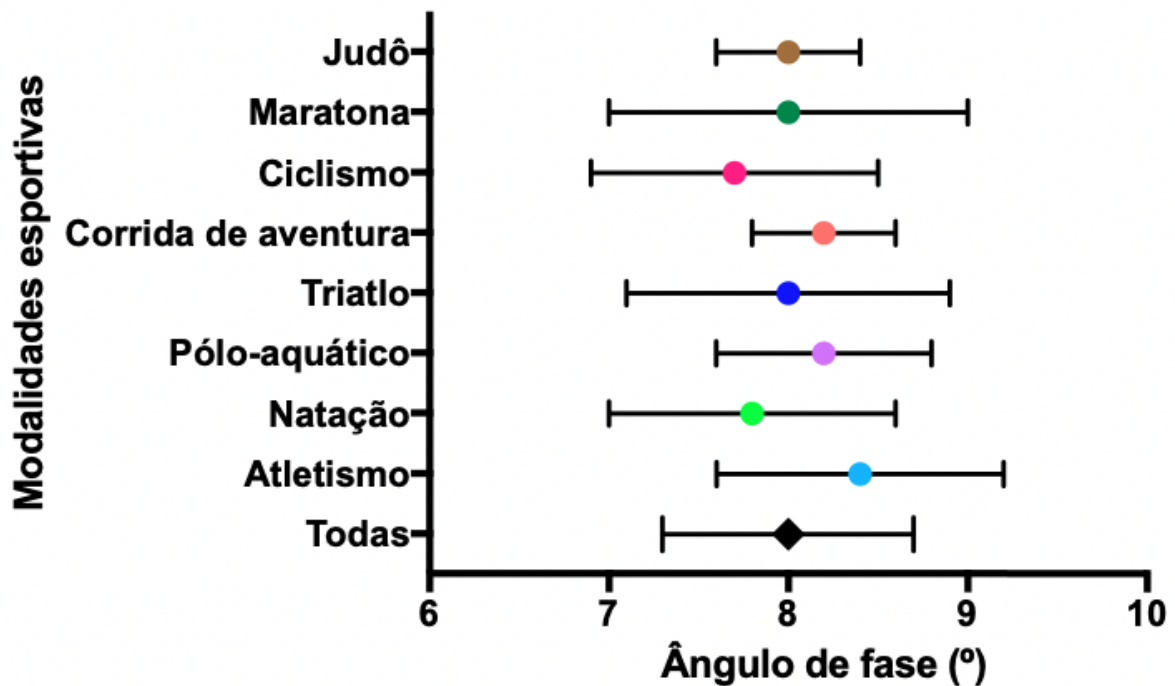
Sendo assim, à medida que um determinado esporte evolui, torna-se necessário que medidas mais precisas e confiáveis sejam realizadas. No entanto, medidas que possibilitem informações mais aprofundadas, em alguns casos são mais invasivas, especificamente nesse caso é possível citar a coleta de sangue como exemplo. Além disso, embora seja uma medida necessária como parte do levantamento de saúde clínica do atleta, a necessidade de pessoal qualificado, equipamentos específicos para armazenamento e processamento, torna pouco viável esse tipo de coleta em trabalhos de campo (WHO, 1994). Neste sentido, medidas não-invasivas que podem se relacionar com diferentes parâmetros de desempenho físico como a

saliva, podem oferecer uma alternativa mais adequada, uma vez que o estresse associado com a coleta de sangue não está mais presente (RODRIGUES-DE-ARAÚJO *et al*, 2018).

Adicionalmente, o uso da bioimpedância elétrica (BIA) tem sido muito utilizado na avaliação de populações clínicas e mais recentemente também em atletas (CATTEM *et al*, 2021; CASTIZO-OLIER *et al*, 2018). Anteriormente este método era utilizado apenas para fins de análise da composição corporal, porém existem métodos alternativos promissores que permitem avaliar o estado físico de um atleta e que poderia estar potencialmente relacionado também com o desempenho físico. Dessa forma, Campa *et al*, (2019) demonstra que um alto percentual de massa gorda afeta negativamente as valências como resistência, força e potência, que são avaliadas por testes específicos do futebol.

Um destes métodos que derivam da BIA é a medida do ângulo de fase (AF), uma variável de interesse da análise por ser independente da altura e peso corporal, é facilmente calculado e está associada com a estrutura e função da membrana celular, além de indicar hidratação dos tecidos e estado nutricional (DOS SANTOS *et al*, 2016). O AF se correlaciona negativamente e de modo classificado com a gravidade das lesões sofridas nos treinamentos, demonstrando um comprometimento da integridade das membranas celulares e alterações dos fluidos no espaço intersticial por meio da diminuição da reactância, esses parâmetros podem ser revertidos após o processo de cicatrização que reconstitui as membranas celulares. (NESCOLARDE *et al*, 2011; NESCOLARDE *et al*, 2017). E se caracteriza pela oposição que o corpo humano apresenta a uma determinada corrente elétrica alternada (impedância bioelétrica) e que se divide em dois componentes. O primeiro é a resistência (R), que é a restrição ao fluxo de corrente elétrica do corpo, que se refere primariamente a presença de água nos tecidos. O segundo é a reactância capacitiva ( $X_c$ ), que é o efeito resistivo produzido pela interface de tecidos e membranas celulares. Parte da corrente elétrica é estocada pela membrana celular, que age como um capacitor criando um ângulo, quantificado geometricamente como ângulo de fase (DI VINCENZO *et al*, 2019). No estudo realizado por Barbosa-Silva & Barros (2005), foram avaliados homens e mulheres com faixa etária de 18 a 94 anos e a partir destes resultados se estabeleceu valores de referência para adultos saudáveis. Ao que parece o AF também apresenta uma diferença entre os sexos, sendo sempre maior em homens. Na Figura 2 é possível se observar os valores de ângulo de fase entre atletas de diferentes modalidades e a média para este grupo.

Figura 2 - Valores dos ângulos de fase



Legenda: Valores de ângulo de fase (médias  $\pm$  DP) em atletas adultos de diferentes modalidades esportivas, onde o símbolo ( $\blacklozenge$ ) representa a combinação das mesmas

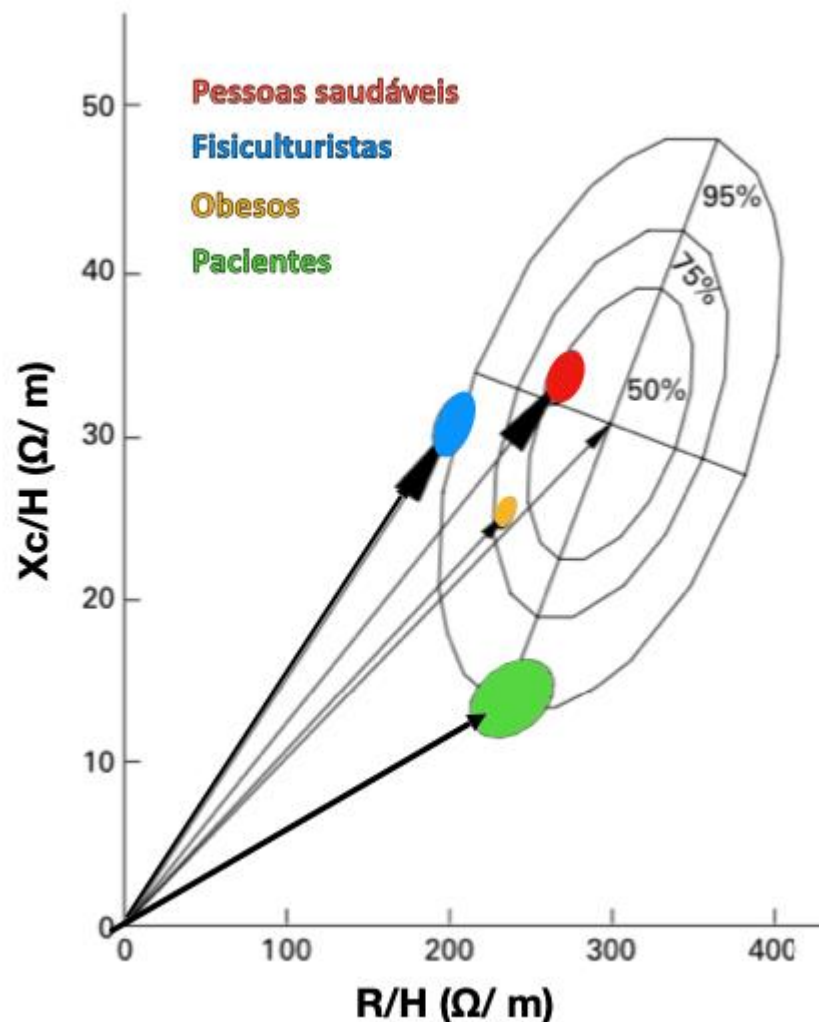
Fonte: KOURY *et al*, 2014.

Dessa forma, um baixo ângulo de fase é consistente com a incapacidade das células de armazenar energia e uma indicação de quebra na permeabilidade seletiva das membranas celulares. Por outro lado, um ângulo de fase alto é consistente com grandes quantidades de membranas celulares intactas e massa celular corporal (CASTIZO-OLIER *et al*, 2018).

O segundo método é denominado Análise de Vetor da Impedância Bioelétrica ou BIVA. Esta avalia o estado de hidratação e pode ser usado como uma medida de controle de qualidade para interpretação correta dos resultados da BIA, contribuindo para saber se os atletas estão com sobrecarga de fluidos ou desidratados, e também se estão com a quantidade de massa celular correspondente ao tipo da modalidade praticada, ao comparar a posição que o atleta se encontra plotado no gráfico com o grupo da modalidade. Essa técnica fornece dados mais qualitativos sobre a dinâmica de água corporal em um determinado indivíduo e tal como o ângulo de fase, devido ao fato de valores de referência serem previamente conhecidos, possibilita o seu uso para comparações entre diferentes grupos de atletas em

condições de treinamento distintas, assim como também permite a comparação entre diferentes modalidades esportivas (PICCOLI *et al*, 2002). Da mesma maneira que o AF a BIVA utiliza a  $X_c$  e a  $R$ , estes são normalizados pela altura dos indivíduos avaliados para gerar o gráfico  $RX_c$ , que exibe uma elipse de tolerância de 50%, 75% e 95%. O eixo maior representa a quantidade de fluidos corporais, e o eixo menor representa a quantidade de massa celular. Os indivíduos e os grupos são plotados de acordo com os valores obtidos na BIA.

Figura 3 - Nomograma da BIVA



Legenda: Nomograma da BIVA com os valores no gráfico de tolerância de elipses (50%, 75% e 95%) em diferentes grupos de indivíduos.

Fonte: PICCOLI, 2007.

O uso de medidas derivadas do método de BIA para além dos estudos em composição corporal e avaliação nutricional, embora crescentes, ainda se encontram em um estágio relativamente inicial, principalmente no que tange ao uso dessas medidas como forma de monitoramento dos efeitos de uma intervenção como o treinamento físico. Sendo assim, o objetivo da presente Dissertação de Mestrado é avaliar o uso de medidas derivadas da BIA como ângulo de fase e BIVA no monitoramento do desempenho físico em atletas de futebol de elite.



## 1 OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo Geral

- Avaliar o uso de parâmetros derivados da bioimpedância (ângulo de fase e BIVA) no monitoramento do treinamento de atletas de alto rendimento de futebol.

#### 1.1.1. Objetivos Específicos

- Identificar possíveis fatores de modulação destes parâmetros (ângulo de fase e BIVA).
- Comparar estes dados com valores de referência de outros atletas.
- Discutir sobre os efeitos do teste físico utilizado nestes parâmetros (ângulo de fase e BIVA).

## 2 ARTIGO 1 – CHRONIC TRAINING EFFECTS UPON PHASE ANGLE AND BIOELECTRIC IMPEDANCE VECTOR ANALYSIS IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS

**Running head:** Bioelectrical impedance parameters in soccer athletes

Tamyr Faria Borges dos Santos<sup>1</sup>, Gustavo Casimiro-Lopes<sup>1</sup> ✉

<sup>1</sup> Laboratory of Exercise Pathophysiology, Physical Education and Sports Institute, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, Brazil.

✉Corresponding author: Prof. Gustavo Casimiro Lopes

Rio de Janeiro State University, Institute of Physical Education and Sports, Department of Gymnastics, Laboratory of Exercise Pathophysiology, Rua São Francisco Xavier, 524 - bloco F, sala 9110 – Rio de Janeiro, RJ, Brazil. CEP: 20.550-900

Phone: (+55021) 2334-1028

e-mail: [gustavo.casimiro@gmail.com](mailto:gustavo.casimiro@gmail.com)

### **Abstract**

Physical training, when well planned, has a favorable impact on the physical performance of its practitioners. Coaches and the technical committee use different biomarkers that can be used to control and monitor the different stages of athlete training, in search to the early identification of signals that points to a harmful condition in the athlete. Bioimpedance parameters could offer an alternative tool to performance monitoring in athletes due to its relation with relevant physiological parameters. Phase angle and BIVA analysis obtained through the bioimpedance technique, are closely associated with the hydration and cell mass status. The aim of this study was to evaluate these parameters in professional soccer athletes during a specific soccer training program. Thirty-two soccer athletes (age: 21.2±4.2 years, height: 1.77±0.07 m; body mass: 74.8±10.1 kg; BMI: 23.8±2.9 kg/m<sup>2</sup>) were initially selected, with only those who completed the training program for 90 days were selected. In addition,

only an individual who had completed at least 85% of the established training sessions was considered eligible (n=10). We observed that soccer training promoted relevant increases in physical performance in Bangsbo Sprint tests. Besides, significant increases in phase angle were also observed suggesting the occurrence of physiological adaptations associated with fluid dynamics in this group.

**Keywords:** Physical training, phase angle, BIVA, soccer athletes.

## **Introduction**

Football is currently one of the most practiced sports in the world (Dvorak *et al*, 2004) and with the rise of social media, it can also be considered as one of the most profitable sports activities and the largest audience (Clavio, 2011). In this sense, great attention has been given to the work that is carried out with athletes on and off the field, since this is a fundamental factor not only for health care but also for the improvement and maintenance of physical performance.

Within this context, specific measures and needs will be frequent in order to provide real-time information so that decisions can be dealt with preventively and when appropriate, so that a specific provision related to training and/or competition can be reorganized.

Measurements derived from the use of bioelectrical impedance (BIA) have previously been associated with studies of body composition (De Oliveira *et al*, 2019; Mouad *et al*, 2015; Eickemberg *et al*, 2011), but it is a method that has as one of its limitations to decreasing levels and potential fluctuations of the body water component (Deuremberg *et al*, 2006). However, more recently new applications have emerged for health status assessment in different types of diseases and also applications as a sports monitoring tool in athletes. The phase angle is a measure that is related to some components of the cell membrane, and its values, when compared to a physiological normality reference range, may indicate a determinant of the dysfunctional functional state in different diseases, but it can also be affected positively by chronic exercise (Ribeiro *et al*, 2017; Souza *et al*, 2016; Koury *et al*, 2014; Piccoli *et al*, 2007).

Thus, the aim of the present study was to evaluate the use of BIA as a method of monitoring changes in physical performance resulting from a specific training period of 90 days.

## Methods

The volunteers were part of the Physical Training Center for Football Players (CETRAF), located in Rio de Janeiro, Brazil. This study was approved by the Ethics Committee of the State University of Rio de Janeiro (ID: 30711414.8.0000.5259). An informed consent form was signed by all participants before the test. The sample was obtained for convenience, consisting of thirty-two soccer athletes (age:  $21.2 \pm 4.2$  years, height:  $1.77 \pm 0.07$  m; body mass:  $74.8 \pm 10.1$  kg; BMI :  $23.8 \pm 2.9$  kg/m<sup>2</sup>). Professional soccer players were selected, with only those who completed the training program for 90 days were selected. In addition, only an individual who had completed at least 85% of the established training sessions was considered eligible (n=10). The experiment was carried out by observing the parameters of interest before and after three months of training. We measured bioimpedance parameters obtained through bioimpedance technique, sprint ability and anthropometry before and after three months of training. Additional exclusion criteria for this study was: smoking, chronic diseases (diabetes, hypertension), use of drugs or food supplements that could interfere with their performance and/or response to the analyzes performed, however there was no exclusion in the studied sample.

### *Anthropometric Measurements*

Weight was measured with a portable scale to the nearest 0.1 kg (Filizola, Brazil), height was measured with a stadiometer to the nearest 0.5 cm (Sanny, Brazil), and body-mass index was calculated by the equation:  $BMI = \text{weight (kg)} / \text{height}^2 \text{ (m}^2\text{)}$  was calculated from weight and height data.

### *Repeated Sprint Ability Test*

Before the application of the physical test, participants were asked not to eat and drink, except mineral water (without gas) and to abstain from alcohol and strenuous exercise for 48 hours before the test. For the assessment of physical capacity, the repeated sprint test was used, also known as the Bangsbo Sprint Test. The test consisted of seven successive sprints performed with changes of direction, in a total distance of 34.2m. Each sprint was separated by 25 seconds of active rest (Bangsbo *et al*, 1994). Percentage of sprint decrement ( $S_{dec}$ ) was calculated as a fatigue index using the formula:  $S_{dec}(\%) = [(\sum \text{Sprints} / \text{Sprint}_{best} \times$

number of sprints)  $\times 100$  (Girad *et al*, 2011). To increase the reliability of the test, the sprint times were recorded with photoelectric cells (Hidrofit<sup>®</sup>, Belo Horizonte - MG, Brazil).

#### *BIA derived parameters - Phase angle and BIVA*

The bioelectrical parameters of resistance (R,  $\Omega$ ) and reactance (Xc,  $\Omega$ ) were measured with a single-frequency tetrapolar impedance analyzer (Biodynamics Modelo 450, Biotecmed, São Paulo, Brazil), using a current of 800  $\mu$ A at an operating single frequency of 50 kHz. Whole-body impedance measurements were taken by using the standard positions of outer and inner electrodes on the right hand and foot (Sangali *et al*, 2012). Extreme alterations in body fluids was controlled during BIA exams by instructing the volunteers not to train for 24 hours previous to the exam, got to bed in a fasted state and to avoid drinking water or any kind of fluids during the 4 hours before tests. The participants were in a supine position 5 minutes before the measurement, which was performed in a thermoneutral environment of 25°C. Before each testing session, the analyzer was checked with a calibration circuit of known impedance (resistance = 500.0  $\Omega$ , reactance = 0.1  $\Omega$ ; 0.9% error). PA was calculated according to the equation  $PA = \arctan Xc/R \times 180^\circ/\pi$  (Cattem *et al*, 2021).

The BIVA method is based on the measurement of the components of the impedance vector, R and Xc, normalized by the height (H) of the subjects (R/H and Xc/H). The bivariate 95th percentile of confidence limits (confidence ellipsis) of the experimental data is plotted in an R/H versus Xc/H graph and compared with the 95th-percentile confidence ellipses from a reference population. Information on body cell mass and hydration can be obtained by plotting the dimensionless Z-scores of R and Xc of the experimental data in a bivariate graph containing the 95th, 75th, and 50th vector percentiles (tolerance ellipsis) of the Z-scores of the healthy reference population. Values outside of the 95th-percentile ellipsis are considered abnormal (Piccoli *et al*, 2002; 2007).

#### *Statistical Analysis*

All data are presented as mean  $\pm$  SD. Normality of data distribution was evaluated by the Shapiro-Wilk test. Student *t* test was used for comparisons of averages between age groups before and after the soccer training program. In case of unequal variances detected by Levene test, we used Welch test instead. Additionally, effect sizes (Cohen *d*) were used to assess magnitude of differences as described by Hopkins *et al*, (2009) as: trivial (0,0-0,2); small (0,2-0,6); moderate (0,6-1,2); large (1,2-2,0); very large (2,0-4,0) and extremely large ( $>4,0$ ). Repeated Sprint Ability test bouts were evaluated using 2-way RM-ANOVA followed by

Bonferroni post-hoc test that was used for p values correction ( $p_{\text{bonf}}$ ) and omega squared ( $\omega^2$ ) was adopted to determine the magnitude of variance accounted by the effect considering: no effect ( $<0.010$ ); small (0.010 to 0.059); moderate (0.06 to 0.139) and large ( $\geq 0.14$ ). According to  $\epsilon$  values Greenhouse–Geisser or Huynh–Feldt correction was applied in case of sphericity violation detected by Mauchly test. Pairwise comparisons for interaction also used Cohen d to evaluate effect sizes. Statistical significance was set at  $p < 0.05$ . Additionally, we also calculated Bayes factor bound (BFB) as an alternative measure of evidence considering the odds in favor of the alternative hypothesis relative to the null hypothesis related with observed data (Selke *et al*, 2001). These analyses were performed with Jasp Software (Jasp version 0.14.1, Amsterdam, The Netherlands, [www.jasp-stats.org](http://www.jasp-stats.org)). BIVA values were evaluated using an specific BIVA calculator developed in Excel spreadsheet (Piccoli *et al*, 2002). Figures were prepared with GraphPad Prism Software (GraphPad Prism version 7.00, La Jolla, California, USA, <https://graphpad.com/>).

## Results

All participants were eutrophic, with adequate body composition and showed satisfactorily values of physical performance during repeated sprint test (Table 1).

\*\*\*Table 1 near here\*\*\*

Successive bouts during Bangsbo test produced increased values of sprint times over time ( $F_{6,60} = 26.441$ ;  $p < 0.001$ ;  $\omega^2 = 0.240$ ;  $\text{BFB} = 3.7 \times 10^3$ ). Besides, training condition (before vs. after) also showed moderate effects ( $F_{1,18} = 4.759$ ;  $p = 0.043$ ;  $\omega^2 = 0.09$ ;  $\text{BFB} = 2.734$ ). Before training soccer athletes showed sprint time increases at 3rd ( $\Delta = +0.24$ ;  $p = 0.015$ ); 4th ( $\Delta = +0.37$ ;  $p < 0.001$ ); 5th ( $\Delta = +0.43$ ;  $p < 0.001$ ); 6th ( $\Delta = 0.57$ ;  $p < 0.001$ ) and 7th ( $\Delta = 0.56$ ;  $p < 0.001$ ). After training successive sprints showed significant increases at 4th ( $\Delta = +0.24$ ;  $p < 0.015$ ); 5th ( $\Delta = +0.32$ ;  $p < 0.001$ ); 6th ( $\Delta = 0.36$ ;  $p < 0.001$ ) and 7th ( $\Delta = 0.25$ ;  $p = 0.008$ ) as showed in Figure 1.

\*\*\*Figure 1 near here\*\*\*

Besides, we observed significant decreases for sum of sprints ( $t_9 = 3.049$ ;  $p=0.014$ ;  $d=0.96$ ;  $BFB = 6.222$ ), worst sprint ( $t_9 = 3.445$ ;  $p=0.007$ ;  $d=1.1$ ;  $BFB = 10.211$ ), average sprints ( $t_9 = 3.074$ ;  $p=0.013$ ;  $d=0.9$ ;  $BFB = 6.418$ ) and sprint decrement ( $t_9 = 3.516$ ;  $p=0.019$ ;  $d=1.112$ ;  $BFB = 11.167$ ) as showed in Table 2.

\*\*\*Table 2 near here\*\*\*

Phase angle showed large increases after soccer training program ( $t_9 = 2.860$ ;  $p=0.019$ ;  $d= 0.9$ ;  $BFB = 4.926$ ). Large increases were also observed for absolute values of total body water ( $t_9 = 5.380$ ;  $p<0.001$ ;  $d= 1.7$ ;  $BFB = 107.196$ ) and when expressed as a percentage of lean mass ( $t_9 = 3.654$ ;  $p=0.005$ ;  $d= 1.1$ ;  $BFB = 13.270$ ). BIVA evaluation corroborated these results showing lower levels of resistance normalized by height ( $P<0.05$ ) in trained athletes as described in Figure 2. ,

\*\*\*Table 3 near here\*\*\*

\*\*\*Figure 2 near here\*\*\*

## Discussion

Biochemical measures such as blood collection are very important, but the need for people trained in blood collection and the use of equipment for extraction and storage creates operational difficulties for regular collections. In addition, as it is an invasive procedure, in some cases, participants simply refuse to participate, making it difficult to obtain the necessary sample number.

In turn, saliva collection, although not invasive and easier to collect and store, also requires an infrastructure for these analyzes to be carried out at shorter time intervals or point-of-care (Rodrigues-de-Araujo *et al.* al, 2018). Therefore, new possibilities need to be explored to better meet the demand of an athlete and sport scientists in order to provide the most complete information possible and relatively quickly.

The use of the phase angle has been increasingly used in clinical situations, since its values are shown to be altered in several diseases, including being related to the length of stay and the onset of morbi-mortality (Garlini *et al*, 2019; Mota *et al*, 2021; Borba *et al*, 2022). On the other hand, studies carried out in situations of physical exercise, including athletes, are still scarce (Vincenzo *et al*, 2019), but promising, indicating that physical performance can be monitored by assessing PA.

Soccer training promoted improvements in the parameters achieved in the repeated sprint skill test. The lower sprint decrement values also suggest a lower fatigability throughout the test. In addition, our results showed that physical training allowed for a delay in the reduction of sprint time, a fact that would allow a longer practice time at high intensities, a fact that is crucial in soccer today (Mohr *et al*, 2003; Bangsbo *et al*, 2006).

Specific sprint training can elicit positive changes upon related soccer abilities. Besides, our results shows that at least partially these adaptations are related with fluid shift dynamics (i.e.: intra and extracellular water). Our resistance and reactance data also suggest a positive modification of body fluid dynamics, indicating the existence of organic adaptations induced by physical training. The BIVA data complementarily show an improvement in cell mass and intramuscular water components (directly corroborated by BIA), possibly related to a greater intracellular stock of hydrophilic energy substrates such as creatine phosphate and glycogen (Cadefau *et al*, 1990).

In summary, our results point to the possible use of the phase angle as a variable to control physical performance in athletes, either for initial assessment of general physical status or also to assess physical status after a specific training period. The fact of not needing any invasive process associated with the speed of execution and low cost, allows the monitoring of athletes in real time.

### **Author Contributions**

Conceptualization, G.C.L and G.B.C.; methodology, R.A.M.N., G.B.C. and G.C.L.; study group recruit and collection, T.F.B.S. and M.J.C.M.; statistical analysis, G.C.L; investigation, T.F.B.S.; writing—original draft preparation, T.F.B.S.; G.C.L and G.B.C. writing-review and editing, G.C.L. and R.A.M.N.; supervision, G.C.L and M.J.C.M. All authors reviewed the manuscript.



**Acknowledgments**

We are grateful to Prof. Jairo Porto and all the technical staff from Soccer Training Center/ Centro de Treinamento de Futebol (CETRAF) to run the physical tests and provide the athletes to participate in this study.

**Fundings**

None of the financial agencies nor CETRAF administration exerted any influence upon study design, data analysis or paper writing. This work received financial support from Rio de Janeiro State Carlos Chagas Filho Research Foundation (FAPERJ) in the form of grant to Dr. Gustavo Casimiro Lopes - number: (E26/190.232/2013).

**Competing interests**

The authors declare that there are no conflicts of interest to report.

**Figure legends**

Figure 1 - Mean sprint times before (test 1) and after (test 2) during repeat sprint ability test in professional soccer players.

## References

- BANGSBO, J. The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. **Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum.** v. 619, p. 1-155, 1994.
- BANGSBO, Jens; MOHR, Magni; KRUSTRUP, Peter. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. **Journal of sports sciences**, v. 24, n. 07, p. 665-674, 2006.
- CATTERM, M.V.O.; SINFOROS, B.T.; CAMPA, F.; KOURY, J.C. Bioimpedance Vector Patterns according to Age and Handgrip Strength in Adolescent Male and Female Athletes. **Int. J. Environ. Res. Public Health.**, v. 18, 6069, 2021.
- CLAVIO, G. Social media and the college football audience. **Journal of Issues in Intercollegiate Athletics**, v. 4, p. 309-325, 2011.
- DE BORBA, E.L., CEOLIN, J., ZIEGELMANN, P.K. *et al.* Phase angle of bioimpedance at 50 kHz is associated with cardiovascular diseases: systematic review and meta-analysis. **Eur J Clin Nutr**, 2022.
- DE OLIVEIRA, M. H.; SILVA, C. F.; FERREIRA, J. C.; CAIXETA, R. C.; PEREIRA, J.; PEREIRA, D. S.; MELO, D. S.; LOPES, L. N. S.; BRANDIMILLER, I. G. Comparison of Methods for Assessing Body Composition in Women. **Nutr. Clín. Diet. Hosp**, v. 39, n. 2, p. 165-170, 2019.
- DEURENBERG, P. Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. **Am J Clin Nutr.**, v. 64(Suppl), S449-52, 1996.
- DVORAK, J.; JUNGE, A.; GRAF-BAUMANN, T.; PETERSON, L. Football is the most popular sport worldwide. **Am J Sport Med.**, v. 32(1 Suppl): 3S-4S, 2004.
- EICKEMBERG, M.; OLIVEIRA, C.C.; RORIZ, A. K. C.; SAMPAIO, L. R. Bioelectric impedance analysis and its use for nutritional assessments. **Rev. Nutr.** Campinas, v. 24, n. 6, p. 883-893, 2011.
- GARLINI, L.M., ALVES, F.D., CERETTA, L.B. *et al.* Phase angle and mortality: a systematic review. **Eur J Clin Nutr** v. 73, p. 495–508, 2019.
- GIRARD, O.; MENDEZ-VILLANUEVA, A.; BISHOP, D. Repeated-sprint ability - Part I. Factors contributing to fatigue. **Sports Medicine**, v. 41, n. 8, p. 673-694, 2011.
- HOPKINS, W.; MARSHALL, S.; BATTERHAM, A.; HANIN, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Medicine Science in Sports Exercise**, v. 41, n. 1, p. 3, 2009.
- KOURY, J. C.; TRUGO, N. M. F.; TORRES, A. G. Phase Angle and Bioelectrical Impedance Vectors in Adolescent and Adult Male Athletes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 9, p. 798-804, 2014.
- MOHR, Magni; KRUSTRUP, Peter; BANGSBO, Jens. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. **Journal of sports sciences**, v. 21, n. 7, p. 519-528, 2003.

MOTA RF, CHISTOVAM BP, MORAES EB, SOUZA CJ, MOREIRA APA, PAES, GO. Phase angle for assessing lesion risk or healing: a systematic review. **Online BRaz J Nurs.** 20, 2021.

MOUAD, M.; MATIAS, C. N.; SANTOS, D. A.; TEIXEIRA, V. H.; SARDINHA, L. B.; SILVA, A. M. Validação da bioimpedância elétrica por multifrequência em atletas. **R. bras. Ci. Mov**, v. 23, n. 1, p. 48-57, 2015.

PICCOLI, A.; PASTORI, G.; CODOGNOTTO, M.; PAOLI, A. Equivalence of information from single frequency v. bioimpedance spectroscopy in bodybuilders. **British Journal of Nutrition**, v. 97, p. 182–192, 2007.

PICCOLI, A.; PILLON, L.; DUMLER, F. Impedance vector distribution by sex, race, body mass index, and age in the United States: Standard reference intervals as bivariate Z scores. **Nutrition**, v. 18, p. 153–167, 2002.

RIBEIRO, A. S.; AVELAR, A.; SANTOS, L.; SILVA, A. M.; GOBBO, L. A.; SCHOENFELD, B. J.; SARDINHA, L. B.; CYRINO, E. S. Hypertrophy-type Resistance Training Improves Phase Angle in Young Adult Men and Women. **Int J Sports Med**, v. 38, p. 35–40, 2017.

SANGALI, E. B.; CAMPOS, E. Z.; CASTOLDI, R. C.; FERNANDES, R. A.; FREITAS JUNIOR, I. F.; BALIKIAN JÚNIOR, P. Comparison between different methods for assessment of body fatness in brazilian elite cyclists. **Journal of Physical Education**, v. 23, n. 3, p. 355-360, 2012.

SELKE, T., BAYARRI, M., BERGER, J. O. Calibration of p values for testing precise null hypotheses. **The American Statistician**, v. 55, p. 62-71, 2001.

SOUZA, M. F.; TOMELERI, C. M.; RIBEIRO, A. S.; SCHOENFELD, B. J.; SILVA, A.M.; SARDINHA, L. B.; CYRINO, E. S. Effect of resistance training on phase angle in older women: A randomized controlled trial. **Scand J Med Sci Sports**, v. 27, n. 11, p. 1308-1316, 2016.

## Figures and Tables

**Table 1 – Anthropometric characteristics in athletes professional soccer.**

<b>Parameter</b>	<b>Mean <math>\pm</math> SD</b>	<b>Reference range</b>
Age (years)	20.2 $\pm$ 3.9	N/A
Bodyweight (Kg)	71.6 $\pm$ 6.7	N/A
Stature (cm)	177.2 $\pm$ 8.3	N/A
BMI (Kg/ m <sup>2</sup> )	22.7 $\pm$ 1.6	<25.0 Kg/ m <sup>2</sup>
Lean mass (Kg)	61.2 $\pm$ 4.6	N/A
Fat mass (Kg)	10.4 $\pm$ 4.1	N/A

N/A - not applicable

**Table 2 – Anthropometric characteristics and test parameters in athletes subjected to acute exercise bout.**

<b>Parameter</b>	<b>Pre</b>	<b>Post</b>
Phase angle (°)	8.0 $\pm$ 0.5	8.6 $\pm$ 0.6*
Sum of sprint time (s)	48.6 $\pm$ 2.2	47.0 $\pm$ 0.7*
Average sprint time (s)	6.9 $\pm$ 0.3	6.7 $\pm$ 0.1*
Best sprint (s)	6.6 $\pm$ 0.3	6.5 $\pm$ 0.1
Worst sprint (s)	7.3 $\pm$ 0.4	6.9 $\pm$ 0.1*
Sprint decrement (%)	5.3 $\pm$ 2.6	3.5 $\pm$ 1.7*

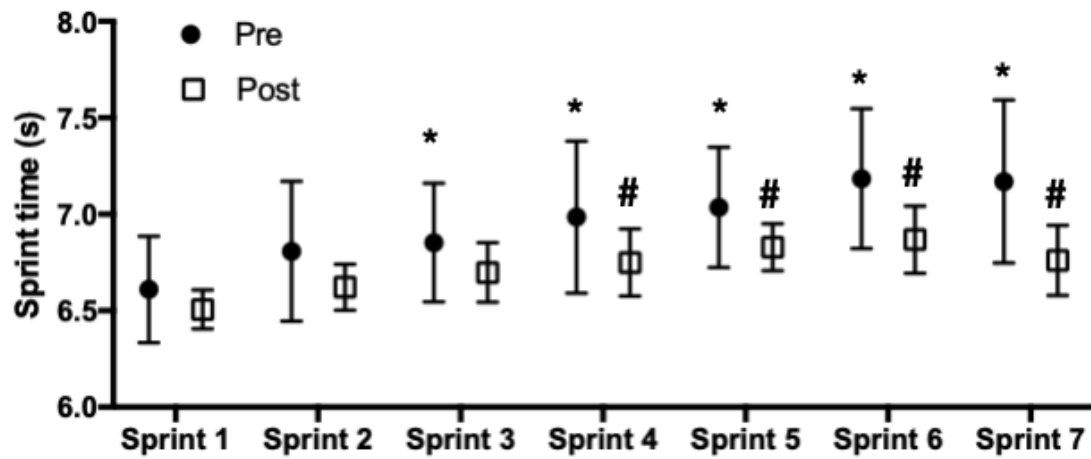
\* p<0.05 vs. Pre.

**Table 3 – Bioimpedance parameters in athletes subjected to 12 weeks of soccer training.**

Parameter	Pre	Post
Phase angle (°)	8.0 ± 0.5	8.6 ± 0.6*
Total body water (L)	44.4 ± 2.9	47.2 ± 3.5 *
Total body water (%lean mass)	72.7 ± 1.2	73.6 ± 1.0*

\* p<0.05 vs. Pre.

**Figure 1**



\* vs. Pre

# vs. Post

Figure 2

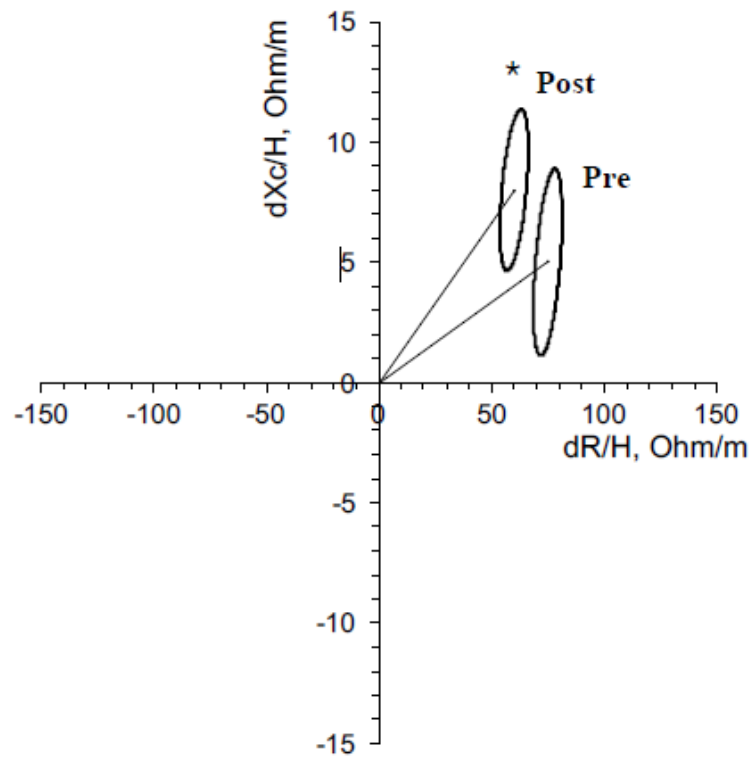
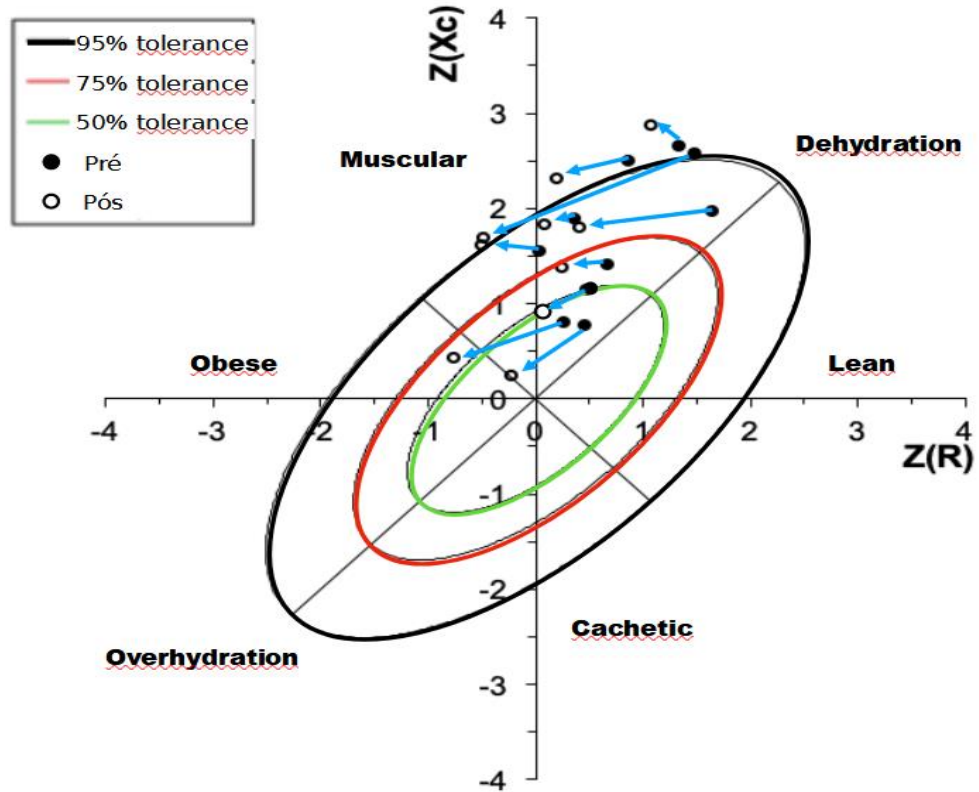


Figure 3



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O treinamento físico dos atletas de futebol foi capaz de gerar alterações relevantes no desempenho físico no teste de Bangsbo. A diminuição do índice de fadiga e o retardo no decaimento da velocidade dos sprints no grupo pós-treinamento confirmam estes achados.
- Os maiores valores de ângulo de fase nos atletas de futebol no período posterior ao programa de treinamento, indicam um melhor estado de funcionamento celular.
- Nossos dados de resistência e reactância sugerem também uma modificação positiva da dinâmica de fluidos corporais, indicando a existência de adaptações orgânicas induzidas pelo treinamento físico.
- Medidas bioquímicas como a coleta de sangue são muito importantes, porém a necessidade de pessoas capacitadas com a retirada de sangue e o uso de equipamentos para extração e armazenamento gera dificuldades operacionais para coletas regulares. Além disso, por ser um procedimento invasivo, em alguns casos os participantes simplesmente se recusam a participar dificultando a obtenção do número amostral necessário.
- Por sua vez, a coleta de saliva embora não seja invasiva e tenha maior facilidade de coleta e armazenamento, também necessita de uma infraestrutura para que essas análises sejam feitas em intervalos de tempo menores ou point-of-care (Rodrigues-de-Araujo *et al*, 2018). Sendo assim, novas possibilidades precisam ser exploradas para melhor atender à demanda de um atleta e dos cientistas do esporte no sentido de fornecer informações mais completas possíveis e de forma relativamente rápida.
- Os dados da BIVA mostram de forma complementar uma melhora nos componentes de massa celular e água intramuscular (corroborados diretamente pela BIA), possivelmente relacionados com um maior estoque intracelular de substratos energéticos hidrofílicos (creatina fosfato e glicogênio).

## REFERÊNCIAS

BANGSBO, J. The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. **Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum**, v. 619, p. 1-155, 1994.

BANGSBO, J.; MOHR, M.; KRUSTRUP, P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. **Journal of sports sciences**, v. 24, n. 07, p. 665-674, 2006.

BARBOSA-SILVA, M.C.; BARROS, A.J. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. **Curr Opin Clin Nutr Metab Care**. v.8, n.3, p. 311-317, 2005.

BARNES, C.; ARCHER, D.T.; HOGG, B.; BUSH, M.; BRADLEY, P.S. The Evolution of Physical and Technical Performance Parameters in the English Premier League. **Int J Sports Med**, v. 35, p. 1095–1100, 2014.

BISHOP, D.; GIRARD, O.; MENDEZ-VILLANUEVA, A. Repeated- sprint ability - part II: recommendations for training. **Sports Med**, v. 41, p. 741–756, 2011.

CAMPA, F.; SEMPRINI, G.; JÚDICE, P. B. *et al.* Anthropometry, physical and movement features, and repeated-sprint ability in soccer players. **International journal of sports medicine**, v. 40, n. 2, p. 100-109, 2019.

CASTIZO-OLIER, J.; IRURTIA, A.; JEMNI, M.; CARRASCO-MARGINET, M.; FERNÁNDEZ-GARCÍA, R.; RODRÍGUEZ, F.A. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in sport and exercise: Systematic review and future perspectives. **PlosONE**, v. 13, n. 6, e0197957, 2018.

CATTEM, M.; SINFOROSO, B.T.; CAMPA, F.; KOURY, J.C. Bioimpedance Vector Patterns according to Age and Handgrip Strength in Adolescent Male and Female Athletes. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 18, n. 11, 6069, 2021.

CHAABENE, H.; NEGRA, Y.; BOUGUEZZI, R.; CAPRANICA, L.; FRANCHINI, E.; PRIESKE, O.; HBACHA, H.; GRANACHER, U. Tests for the Assessment of Sport-Specific Performance in Olympic Combat Sports: A Systematic Review With Practical Recommendations. **Front. Physiol.**, v. 9, p. 386, 2018.

CLAVIO, G. Social media and the college football audience. **Journal of Issues in Intercollegiate Athletics**, v. 4, p. 309-325, 2011.

DE BORBA, E. L.; CEOLIN, J.; ZIEGELMANN, P. K. *et al.* Phase angle of bioimpedance at 50 kHz is associated with cardiovascular diseases: systematic review and meta-analysis. **Eur J Clin Nutr**, 2022.

DE OLIVEIRA, M. H.; SILVA, J. C. F.; FERREIRA, R. C.; CAIXETA, J. C.; PEREIRA, D. S.; MELO, D. S.; LOPES, L. N. S.; GOTTSFRITZ, I. B. Comparison of Methods for



Assessing Body Composition in Women. **Nutr. clín. diet. Hosp.**, v. 39, n. 2, p. 165-170, 2019.

DEURENBERG, P. Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. **Am J Clin Nutr.**, v. 64, Suppl, S449-52, 1996.

DI VINCENZO, O.; MARRA, M.; SCALFI, L. Bioelectrical impedance phase angle in sport: a systematic review. **Journal of the International Society of Sports Nutrition.** v. 16, p. 49, 2019.

DIJKSTRA, H. P.; POLLOCK, N.; CHAKRAVERTY, R.; ALONSO, J. M. Managing the health of the elite athlete: a new integrated performance health management and coaching model. **Br J Sports Med.**, v. 48, p. 523–531, 2014.

DOS SANTOS, L.; CYRINO, E. S.; ANTUNES, M.; SANTOS, D. A.; SARDINHA, L. B. Changes in phase angle and body composition induced by resistance training in older women. **European journal of clinical nutrition**, v. 70, n. 12, p. 1408-1413, 2016.

DVORAK, J.; JUNGE, A.; GRAF-BAUMANN, T.; PETERSON, L. Football is the most popular sport worldwide. **Am J Sport Med.**, v. 32, n.1, Suppl., 3S-4S, 2004.

GARLINI, L. M.; ALVES, F. D.; CERETTA, L. B. *et al.* Phase angle and mortality: a systematic review. **Eur J Clin Nutr** v. 73, p. 495–508, 2019.

HOPKINS, W.; MARSHALL, S.; BATTERHAM, A.; HANIN, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Medicine Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 1, p. 3, 2009.

JONES, R. M.; COOK, C. C.; KILDUFF, L. P.; MILANOVIT, Z.; JAMES, N.; SPORIŠ, G.; FIORENTINI, B.; FIORENTINI, F.; TURNER, A.; VUIKOVI, G. Relationship between Repeated Sprint Ability and Aerobic Capacity in Professional Soccer Players. **The Scientific World Journal**, v. 2013, Article ID 952350, 2013.

TURNER, A. N.; STEWART, P. F. Repeat sprint ability. **Strength Conditioning Journal**, v. 35, p. 37–41, 2013.

KOURY, J. C.; TRUGO, N. M. F.; TORRES, A. G. Phase Angle and Bioelectrical Impedance Vectors in Adolescent and Adult Male Athletes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 9, p. 798-804, 2014.

MOTA, R. F.; CHISTOVAM, B. P.; MORAES, E. B.; SOUZA, C. J.; MOREIRA, A. P. A.; PAES, G. O. Phase angle for assessing lesion risk or healing: a systematic review. **Online BRaz J Nurs.**, v. 20, 2021.

MOUAD, M.; MATIAS, C. N.; SANTOS, D. A.; TEIXEIRA, V. H.; SARDINHA, L. B.; SILVA, A. M. Validação da bioimpedância elétrica por multifrequência em atletas. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 23, n.1, p. 48-57, 2015.

NESCOLARDE, L.; YANGUAS, J.; MEDINA, D.; RODAS, G.; ROSELL-FERRER, J. Assessment and follow-up of muscle injuries in athletes by bioimpedance: preliminary results.

**Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, p. 1137-1140, 2011.

NESCOLARDE, L.; YANGUAS, J.; TERRICABRAS, J.; LUKASKI, H.; ALOMAR, X.; ROSELL-FERRER, J.; RODAS, G. Detection of muscle gap by L-BIA in muscle injuries: clinical prognosis. **Physiological measurement**, v. 38, n. 7, L1, 2017.

PICCOLI, A.; PASTORI, G.; CODOGNOTTO, M.; PAOLI, A. Equivalence of information from single frequency v. bioimpedance spectroscopy in bodybuilders. **British Journal of Nutrition**, v. 97, p. 182–192, 2007.

PICCOLI, A.; PILLON, L.; DUMLER, F. Impedance vector distribution by sex, race, body mass index, and age in the United States: Standard reference intervals as bivariate Z scores. **Nutrition**, v. 18, p. 153–167, 2002.

RIBEIRO, A. S.; AVELAR, A.; SANTOS, L.; SILVA, A. M.; GOBBO, L. A.; SCHOENFELD, B. J.; SARDINHA, L. B.; CYRINO, E. S. Hypertrophy-type Resistance Training Improves Phase Angle in Young Adult Men and Women. **Int J Sports Med.**, v. 38, p. 35–40, 2017.

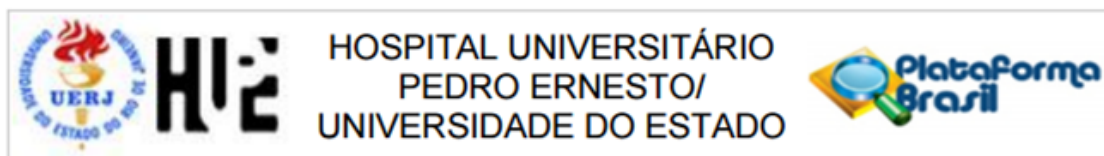
ARAUJO, V. R.; LISBOA, P.; BOAVENTURA, G.; CARAMEZ, F.; PIRES, L.; OLIVEIRA, E.; MOURA, E.; CASIMIRO-LOPES, G. Acute high-intensity exercise test in soccer athletes affects salivary biochemical markers. **Free Radic. Res.**, v. 52, n. 8, p. 850-855, 2018.

SANGALI, E. B.; CAMPOS, E. Z.; CASTOLDI, R. C.; FERNANDES, R. A.; FREITAS JUNIOR, I. F.; BALIKIAN JÚNIOR, P. Comparison between different methods for assessment of body fatness in brazilian elite cyclists. **Journal of Physical Education**, v. 23, n. 3, p. 355-360, 2012.

SOUZA, M. F.; TOMELERI, C. M.; RIBEIRO, A. S.; SCHOENFELD, B. J.; SILVA, A. M.; SARDINHA, L. B.; CYRINO, E. S. Effect of resistance training on phase angle in older women: A randomized controlled trial. **Scand J Med Sci Sports.**, v. 27, n. 11, p. 1308-1316, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Requirements for the collection processing and quality control of blood. **WHO Tech Rep Ser.**, v. 840, p. 36–99, 1994.

## ANEXO - Aprovação do Comitê de Ética

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Avaliação de parâmetros antropométricos e bioquímicos em atletas.

**Pesquisador:** Gustavo Casimiro Lopes

**Área Temática:**

**Versão:**

**CAAE:** 30711414.8.0000.5259

**Instituição Proponente:** Hospital Universitário Pedro Ernesto

**Patrocinador Principal:** FUN CARLOS CHAGAS F. DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - FAPERJ

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 649.215

**Data da Relatoria:** 14/05/2014

**Recomendações:****Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não há pendências

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

1. Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e termo de consentimento livre e esclarecido. Nestas circunstâncias a inclusão de pacientes deve ser temporariamente interrompida até a resposta do Comitê, após análise das mudanças propostas. 2. Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes. 3. O Comitê de Ética solicita a V. S<sup>a</sup>., que ao término da pesquisa encaminhe a esta comissão um sumário dos resultados do projeto.

RIO DE JANEIRO, 15 de Maio de 2014

---

**Assinado por:**  
**MARIO FRITSCH TOROS NEVES**  
(Coordenador)