

As relações entre a composição corporal, ângulo de fase da bioimpedância e força em adolescentes atletas paranaenses

The relationships between body composition, phase angle, and strength in youth athletes from Paraná

Everton Luis Rodrigues Cirillo^{1,2*} , Filipe Casanova¹ , Fabiane Tavares Cirillo² , Alberto Pompeo¹ , Ademar Avelar³ , Raul Osiecki⁴ , Antônio Carlos Dourado² 

RESUMO

A bioimpedância fornece dados do ângulo de fase, sendo utilizado para monitorar atletas. A força e a potência musculares são características fisiológicas/motoras importantes nos esportes que envolvem movimentos intensos. O objetivo deste estudo foi verificar relações entre a composição corporal, o ângulo de fase e a força de membros superiores/inferiores em atletas adolescentes de diferentes esportes. A amostra foi constituída por 473 atletas (Masculino: 285 e Feminino: 188), com idade média de 16.4+ 1.2 anos. A estatística adotada foi Análise das Componentes Principais, com grupos de análise formados como Geral, Masculino e Feminino. Os testes de Kaiser-Meyer-Olkin e Bartlett's ($p < 0,01$) apresentaram-se como bons resultados para seguir com a Análise das Componentes Principais. O total de variância mostrou que a formação das componentes foi de três componentes para Geral, quatro para Masculino e cinco para Feminino, onde, a variância explicada pelas Análise das Componentes Principais em cada grupo foi de 73.9, 78.7 e 83.1% respectivamente. O ângulo de fase é uma variável relativamente nova ao avaliar o contexto desportivo, mostrando-se importante no monitoramento da condição física de atletas adolescentes, onde nas atividades que são solicitadas uma condição muscular mais vantajosa faz-se presente quando se aumenta a massa muscular, onde além de possuir boa relação com a força, também se relaciona com as variáveis de composição corporal e da bioimpedância.

PALAVRAS-CHAVE: esportes juvenis; desempenho atlético; bioimpedância; salto vertical; preensão manual.

ABSTRACT

The Bioimpedance provides phase angle data, and it is used to monitor athletes. Muscle strength and power are important physiological/motor characteristics in sports that involve intense movement. The aim of this study was to verify the relationships between body composition, phase angle and upper/lower limb strength in adolescent athletes from different sports. The sample consisted of 473 athletes (Male: 285 and Female: 188), with a mean age of 16.4+ 1.2 years. The adopted statistic was Principal Component Analysis, with analysis groups formed as General, Male and Female. The Kaiser-Meyer-Olkin and Bartlett's ($p < .01$) tests showed good results to follow Principal Component Analysis. The total variance showed that the formation of components was three for General, four for Male and five for Female, where the variance explained by the Principal Component Analysis in each group was 73.9, 78.7 and 83.1%, respectively. The phase angle is a relatively new variable when evaluating in the sports context, it proved to be important in monitoring the physical condition of adolescent athletes, where in activities that are requested, a more advantageous muscle condition is presented when muscle mass is increased, where in addition to having a good relationship with strength, and it is also related to the variables of body composition and Bioimpedance.

KEYWORDS: youth sports; athletic performance; bioimpedance; vertical jump; hand grip

¹Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias – Porto, Portugal.

²Universidade Estadual de Londrina – Londrina (PR), Brasil.

³Universidade Estadual de Maringá – Maringá (PR), Brasil.

⁴Universidade Federal do Paraná – Curitiba (PR), Brasil.

*Autor correspondente: Rua Actor Isidoro, 31, 1º dto – 1900-015 – Lisboa, Portugal. E-mail: evertoncirillo@gmail.com

Conflito de interesses: nada a declarar. **Financiamento:** nada a declarar.

Recebido: 05/08/2022. **Aceite:** 08/09/2022.

INTRODUÇÃO

Informações quanto à composição corporal são de grande importância para se delinear o treinamento dos atletas de forma adequada, pois pode-se realizar a redução do percentual de gordura corporal, ganho de massa muscular para, posteriormente, realizar trabalhos visando a melhora das capacidades físicas necessárias da modalidade a ser praticada (Dourado, 2007). Uma forma para conhecer a composição corporal é a realização do teste de bioimpedância elétrica (BIA), que tem sido amplamente usada nos últimos 30 anos, como método de medição da composição corporal na área clínica, devido às vantagens associadas a este método, incluindo o baixo custo, facilidade de medição como o uso de outros instrumentos que muitas vezes são limitados a ambientes de pesquisa (Lukaski, Kyle & Kondrup, 2017; Tomeleri et al., 2018). Sua análise é baseada na medida da resistência total do corpo em relação a passagem de uma corrente elétrica de baixa /amplitude (800 mA) e alta frequência (50 kHz), mensurando, por meio destas propriedades como impedância, resistência (R), reatância (X_c) e o ângulo de fase (AF) (Horie et al., 2008; Kyle et al., 2004a; Llames, Baldomero, Iglesias & Rodota, 2013).

O AF fornecido pela BIA, é adquirido através da relação entre medidas de R e X_c ($AF = \arctan(X_c/R \times 180^\circ/\pi)$), onde seu conceito é baseado sobre mudanças na R e X_c com passagens de corrente elétrica alternada através dos tecidos avaliados (Kyle et al., 2004b; Norman et al., 2006; Paiva et al., 2011; Souza et al., 2017). Quanto mais íntegras estiverem as membranas, maior será o armazenamento de energia e, conseqüentemente, maior será o AF formado (Barbosa-Silva & Barros, 2005; Gonzalez, Barbosa-Silva, Bielemann, Gallagher & Heymsfield, 2016; Kyle, Soundar, Genton & Pichard, 2012). Seus valores têm sido propostos como um índice de aptidão muscular expressando tanto a quantidade quanto a qualidade do tecido mole (Ribeiro et al., 2017), onde pesquisas em humanos mostraram que a relação entre o AF e a saúde celular aumenta quase linearmente (Kyle, Genton, Solsman & Pichard, 2001; Ott et al., 1995), e valores baixos são consistentes com uma incapacidade das células para armazenar energia e uma indicação de quebra na permeabilidade seletiva das membranas celulares.

Já, valores elevados são consistentes com grandes quantidades de membranas celulares intactas e massa celular corporal, refletindo a razão entre a massa celular do corpo e a massa livre de gordura (Bosy-Westphal et al., 2006; Gonzalez et al., 2016).

Ademais, força e potência muscular são características fisiológicas importantes na prática dos esportes, principalmente naqueles que envolvem corridas em alta velocidade e saltos, onde o seu desenvolvimento está diretamente ligado

ao bom desempenho dos esportes que precisam destas capacidades físicas em alto nível (Dourado, 2007). Estas capacidades são altamente dependentes da idade, sexo, características morfológicas e do nível de condicionamento físico (Dourado, 2007).

Nos membros superiores, a força de preensão manual é um teste de importante para fornecer um índice objetivo da integridade das funções dos membros superiores. Informações obtidas através das medições contribuem para que o profissional interprete seus resultados e estabeleça as metas adequadas para o treinamento (Moura, Moreira & Caixeta, 2008). Sendo assim, é considerado uma das formas de baixo custo e fácil aplicabilidade para mensuração da força muscular é a realização do teste de preensão manual. É referido como um método clínico confiável, preditor do estado geral da força muscular (Oliveira et al., 2016). Sabendo que a força muscular é reconhecida como um importante componente num programa de exercício físico em adolescentes, sua avaliação torna-se essencial, onde baixos valores de força estão fortemente associados a doenças cardiovasculares e todas as causas de mortalidade precoce.

Referenciando essas premissas, recorre-se à seguinte problematização: Existem relações entre composição corporal, AF e força em adolescentes atletas de diferentes modalidades esportivas nos Jogos da Juventude do Paraná. Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a relação entre a composição corporal, ângulo de fase e a força de membros inferiores e superiores de adolescentes atletas de ambos os sexos, praticantes de diversas modalidades esportivas.

MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como pesquisa de caráter descritivo transversal sem intervenções na amostra (Thomas, Nelson & Silverman, 2009).

Amostra

A amostra foi constituída por 473 atletas, sendo 285 do sexo masculino e 188 do sexo feminino, com média de idade cronológica de 16.4 ± 1.2 anos (idade centesimal de 17.1 ± 1.5), peso 67.8 ± 11.5 kg (Masculino: 71.47 ± 10.67 kg; Feminino: 62.31 ± 10.53), estatura 1.70 ± 0.10 m (Masculino: 1.75 ± 0.07 m; Feminino: 1.64 ± 0.07 m), com tempo de prática no esporte em 5.6 ± 3 anos e com carga horária semanal de treino de 9 ± 4.6 horas, praticantes de diferentes modalidades esportivas que compõem seleções de municípios do Estado do Paraná. Nas edições da fase final dos Jogos da Juventude do Paraná em 2017 e 2018 participaram aproximadamente 6 mil atletas, onde o número da amostra do presente estudo representa em

torno de 8% do total de participantes, sendo de certa forma considerável, visto que foi realizado o cálculo amostral por meio do G*Power versão 3.1, mostrando uma necessidade de que a amostra contenha no mínimo 250 atletas.

Os critérios adotados para a exclusão de sujeitos que participaram ou não das avaliações do presente estudo foram: (a) algum problema físico que o impeça temporária ou definitivamente de realizar algum dos testes propostos, onde foram excluídos da amostra 47 atletas (25 atletas em 2017 e 22 atletas em 2018), visto que, estes participaram dos testes apenas de forma parcial, não estando incluídos na amostra total de 473 atletas.

Procedimentos

Para participar dos testes, os atletas foram convidados a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido concordando em participar do estudo, onde devido termos no momento de competição um elevado número de atletas com idade inferior a 18 anos, esse termo foi assinado pelo responsável pela equipe. Também, foi encaminhada uma Declaração de Concordância aos organizadores do evento na Secretária de Estado do Esporte e do Turismo do Paraná permitindo o acesso e a entrada dos pesquisadores nas áreas de competição para a coleta de dados. O estudo foi submetido na Plataforma Brasil para aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, tendo sido aprovada sob o número de parecer 2.788.837.

Coleta de dados

Devido a fase final dos Jogos da Juventude do Paraná ser um evento de período curto e com grande proporção de atletas participantes, a coleta dos dados foi realizada nos locais de disputa (eg., Ginásios, pista de atletismo, estádios, alojamentos), nos períodos matutino, vespertino e noturno, antes que eles participassem das suas referidas competições e considerando que todos estivessem o mínimo de 4 horas em jejum.

A ordem dos testes foi realizada obedecendo uma sequência onde o esforço de um teste não influenciasse no resultado do teste seguinte, sendo realizados da seguinte maneira: 1) Breve questionário; 2) Peso e estatura; 3) Bioimpedância; 4) Preensão manual no dinamômetro; 5) Salto na plataforma SYS JUMP, onde na sequência, seguem as descrições das variáveis coletadas.

Antropometria

Massa corporal

Utilizou-se a balança digital da marca Plenna-Cristalsete, resolução de 50 g. O atleta posicionou-se em pé e de costas

para o marcador digital, usando o mínimo de roupas possível e descalço. Manteve-se imóvel durante a medida. O resultado foi anotado em kg.

Estatura

Utilizamos um estadiômetro da marca Cardiomed, com 2,16 m acoplado a uma base metálica de 50 x 50 cm, resolução de 0.1 mm e sob ela, desliza um cursor móvel com ângulo de 90º no vértex. O indivíduo posicionou-se de costas para a trena e descalço, se manteve ereto e na posição anatômica. Realizou-se uma inspiração e, nesse momento, posicionou o cursor no topo da cabeça. A medida foi anotada em cm.

Composição corporal

Foi utilizado o aparelho de Bioimpedância, modelo Biodynamics 450, versão 5.1 e eletrodos da marca Resting Tab ECG. Não é necessário que o indivíduo tire a roupa para fazer um teste, não apresentando efeitos fisiológicos em seu uso. Precisão de 0.1% na Resistência, 0.2% na Reactância e 0.2% no AF (TBW, 2007). Os eletrodos foram colocados em locais preconizados, sendo um eletrodo na superfície dorsal do pulso direito, outro no terceiro metacarpo, outro na superfície anterior do tornozelo direito entre as porções proeminentes dos ossos e outro na superfície dorsal do terceiro metatarso. Os clips pretos do cabo sensor foram colocados nos eletrodos distais e os clips vermelhos nos proximais. Durante o teste, o avaliado ficou em posição de decúbito dorsal, de forma confortável, sem calçados, meias, relógio, pulseiras ou afins. As pernas ficaram afastadas, as mãos abertas e apoiadas na maca. Do mesmo modo, algumas recomendações foram seguidas a fim de minimizar possíveis interferências nos resultados, como, por exemplo: não ingerir bebidas alcoólicas e diuréticas, jejum de alimentos, com no mínimo quatro horas.

Testes motores

Preensão manual

O atleta sentou-se em uma cadeira, segurando nas mãos um dinamômetro da marca North Coast Medical (Precision Instruments), com cotovelos a 90º. A preensão de força envolve segurar um objeto entre os dedos parcialmente flexionados, em oposição à contrapressão gerada pela palma da mão, a eminência tenar e o segmento distal do polegar (Moura et al., 2008). O atleta realizou 3 tentativas com o braço direito e 3 com o braço esquerdo, de forma alternada. Realizou a maior força possível, onde, foram anotados o melhor resultado em kg/f.

Salto vertical com meia flexão de joelhos: squat jump (Bosco, 1993)

Foi utilizado uma plataforma de salto da marca SYSJUMP, acoplada ao computador, onde o resultado foi obtido através do Software Sys Jump (Produzido por Systware). O salto consistiu em o atleta ficar sobre a área de salto, na posição de meio agachamento, mãos apoiadas na cintura e joelho em ângulo de 90 graus, por 5 segundos. Em seguida, o avaliador sinalizou verbalmente para que se realizasse o salto na maior altura possível sem retirar as mãos da cintura, nem recolher os pés ou jogá-los a frente. Foram realizados três saltos, com intervalo de 5 segundos entre eles, anotando-se o melhor resultado.

Salto vertical com contra movimento: CMJ (Bosco, 1993)

Realizado usando mesmo equipamento do teste anterior. O atleta posicionou-se na área de salto em pé, mãos apoiadas na cintura e pernas estendidas. Após o comando verbal, o avaliador realizou um rápido agachamento e em seguida um salto a maior altura que pudesse, sem retirar as mãos da cintura e/ou recolher os pés ou jogando-os a frente. Realizou-se 3 tentativas, com intervalo de 5 segundos entre eles, anotando o melhor resultado.

Salto vertical com contra movimento com auxílio dos braços: CMJL (Bosco, 1993)

Utilizou-se o mesmo equipamento dos testes citados acima. Neste, o atleta se posicionou em pé sobre a área de

salto, com as pernas e os braços estendidos. Após o comando verbal, o avaliado realizou um rápido agachamento e em seguida um salto a maior altura que conseguisse, fazendo a extensão dos membros inferiores e utilizando os braços para impulso. Realizaram 3 tentativas, com 5 segundos de intervalo entre elas, anotando o melhor resultado. A escolha de realizar as três formas de saltos (i.e., SJ, CMJ e CMJL) foi devido a amostra existirem várias modalidades diferentes, possibilitando uma análise direcionada de acordo com o gesto técnico específico de cada esporte do presente estudo.

Os valores médios e das principais variáveis do estudo podem ser observados na Tabela 1

Procedimentos estatísticos

Visando analisar e explicar a correlação das variáveis observadas, simplificando os dados por meio da redução do número de variáveis suficientes e necessárias para descrevê-la, foi utilizada a Análise Fatorial com a técnica de Extração das Componentes Principais (ACP), visto ser uma técnica de análise exploratória multivariada que transforma um conjunto de variáveis correlacionadas, num conjunto menor de variáveis independentes, combinações lineares das variáveis originais, sendo encarada como um método de redução da complexidade dos dados (Maroco, 2007; Pestana & Gageiro, 2008). De acordo com Maroco (2007), no caso de experiências em laboratório pode conseguir-se reter 95% ou mais da variabilidade total, com 2 ou 3 componentes principais, mas quando se trabalha com humanos, num grande número de situações,

Tabela 1. Valores médios e desvios padrão (Dp) das principais variáveis do estudo: Geral, Masculino e Feminino.

	Geral			Masculino			Feminino		
	Média	Dp	n	Média	Dp	n	Média	Dp	n
IC	17.10	1.40	473	17.26	1.50	285	16.87	1.21	188
Altura	1.71	0.09	473	1.75	0.07	285	1.64	0.07	188
Peso	67.83	11.52	473	71.47	10.67	285	62.31	10.53	188
MM	57.37	10.49	473	63.11	7.99	285	48.67	7.37	188
MG	10.33	5.35	473	8.32	4.59	285	13.37	4.99	188
AF	7.70	0.94	473	8.01	0.83	285	7.23	0.89	188
R	503.98	74.77	473	465.37	50.11	285	562.51	67.68	188
Xc	67.60	9.35	473	65.25	8.93	285	71.16	8.86	188
TMB	1,794.99	317.48	473	1,970.88	242.77	285	1,528.34	215.10	188
H2OT	42.25	7.67	473	46.63	5.90	285	35.61	4.71	188
SJ	36.98	8.22	473	39.15	7.56	285	33.69	8.10	188
CMJ	42.48	9.74	473	45.15	8.58	285	38.43	10.01	188
CMJL	49.77	11.18	473	53.57	9.91	285	44.01	10.53	188
PMD	33.73	9.39	473	37.98	8.85	285	27.27	5.82	188
PME	30.79	9.13	473	34.65	8.82	285	24.95	5.95	188

2 ou 3 componentes não conseguem explicar muito mais do que 50% da variabilidade total, sendo necessário recorrer a 5 ou mais componentes para explicar 70 a 75% da variação total. O software de estatístico utilizado foi o SPSS for Windows 20.0. O nível de significância utilizado foi de 5%.

RESULTADOS

Sabendo que a ACP se realiza com vários testes em conjunto, onde se geram vários resultados e significados específicos, optou-se por apresentá-los seguidamente as tabelas na forma Geral, Masculino e Feminino, visando uma melhor compreensão e comparação das análises realizadas.

Na Tabela 2 expõem-se os valores do teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de Bartlett's que é um procedimento básico da ACP, onde permite aferir a qualidade das correlações entre as variáveis, possibilitando-nos prosseguir com a ACP.

Para realizar a ACP, os valores da estatística KMO devem ser, no mínimo, maiores que 0.5, pois representam como valores baixos, porém aceitáveis para realizar ACP. Valores entre 0.5 e 0.6, indicam aceitáveis. Valores entre 0.6 e 0.7 são razoáveis e valores entre 0.7 e 0.8 estão classificados como médios. Valores entre 0.8 e 0.9 são classificados como bons e finalizando, valores entre 0.9 e 1 representam valores muito bons (Maroco, 2007; Pestana & Gageiro, 2008).

O teste KMO indicou que a ACP é recomendável para o referido estudo, pois é uma estatística que varia entre zero e um, e compara as correlações de ordem zero com correlações parciais observadas entre as variáveis. Assim, a análise de forma Geral, apresentou um resultado de 0.770, que é considerado na média, no Masculino apresentou o valor de 0.674, que está classificado com razoável e no Feminino o resultado foi de 0.709, que também é considerado na média, visto que, nas três formas de análise, o ACP se torna executável.

Já o teste de Bartlett's tanto a análise Geral, como Masculino e Feminino apresentam valores de $p < 0,01$, rejeitando a hipótese nula e demonstrando a existência de uma correlação significativa entre algumas variáveis adotadas para a ACP.

Na Tabela 3 verifica-se que cada variável indica a variância total explicada pelos componentes comuns, onde quanto mais próximas os valores destas variáveis estão de 1, melhor serão

Tabela 2. Valores obtidos a partir dos testes estatísticos de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de Bartlett's: Geral, Masculino e Feminino.

		Geral	Masculino	Feminino
KMO		0.770	0.674	0.709
Bartlett's	Q-Quadrado	11,585.818	6,997.029	3,709.185
	p	0.000	0,000	0,000

explicados esses dados originais e, também, maior será o poder de explicação dessa variável pelo ACP em que ela se encontra.

Apos um estudo exploratório com todas as 39 variáveis estudadas, chegou através da ACP em uma quantidade de 15 variáveis, que se despontaram como mais interessantes para realizar monitoramento dos atletas do presente estudo, pois foram confirmados através dos valores na Tabela 3. Na qual, praticamente, todas estas 15 variáveis selecionadas apresentaram valores elevados mostrando-se mais relevantes nesta pesquisa. De modo geral, todas as variáveis apresentaram similaridade nos altos valores (próximos de 1) de suas respectivas comunalidades quando analisados por sexo e geral. Porém, os valores na variável IC mostraram-se baixos nas análises por sexo e geral, onde a variável Altura na comunalidade Geral ficou mais abaixo, comparado a Masculino e Feminino. Os valores das comunalidades em Feminino nas variáveis PMD e PME foram superiores quando comparados com Masculino e Geral.

De seguida, procedeu-se com a ACP, onde os coeficientes referentes às variáveis que formaram os componentes (Geral, Masculino e Feminino) e a percentagem de variação amostral encontram-se descritos na Tabela 4.

Nota-se na Tabela 4 que a ACP para Geral, Masculino e Feminino possuem 3, 4 e 5 componentes principais, respectivamente. ACP Geral explica em 73.9% da variância total das variáveis originais, já no Masculino em 78.07% e no feminino em 83.14%, sendo que de acordo com Maroco (2007) quando se trabalha com humanos, num grande número de situações,

Tabela 3. Valores das Comunalidades: Geral, Masculino e Feminino.

	Geral		Masculino		Feminino	
	Inicial	Extraído	Inicial	Extraído	Inicial	Extraído
IC	1,000	0,342	1,000	0,300	1,000	0,365
Altura	1,000	0,552	1,000	0,801	1,000	0,867
Peso	1,000	0,920	1,000	0,953	1,000	0,952
AF	1,000	0,790	1,000	0,822	1,000	0,832
R	1,000	0,717	1,000	0,782	1,000	0,867
Xc	1,000	0,859	1,000	0,939	1,000	0,962
TMB	1,000	0,972	1,000	0,978	1,000	0,981
H2OT	1,000	0,969	1,000	0,959	1,000	0,962
SJ	1,000	0,741	1,000	0,787	1,000	0,788
CMJ	1,000	0,708	1,000	0,756	1,000	0,773
CMJL	1,000	0,707	1,000	0,689	1,000	0,771
PMD	1,000	0,618	1,000	0,675	1,000	0,864
PME	1,000	0,579	1,000	0,674	1,000	0,852
MM	1,000	0,951	1,000	0,964	1,000	0,921
MG	1,000	0,660	1,000	0,634	1,000	0,715

2 ou 3 componentes não conseguem explicar muito mais do que 50% da variabilidade total, sendo necessário recorrer a 5 ou mais componentes para explicar 70 a 75% da variação total. Significando, assim, que os resultados obtidos para a ACP foram bons.

Observamos ainda que todas as variáveis têm uma forte relação com os componentes retidos, conforme valores

elevados, considerando que nos fatores retidos, as variáveis em comum formam a primeira componente principal para Geral, Masculino e Feminino, representando pela variância total em 45.04, 37.44 e 35.76%, respectivamente, estando associada as variáveis de composição corporal (Peso, H2OT e MM) e da BIA (TMB e R), onde estas variáveis podem ser verificadas na Tabela 5.

Tabela 4. Valores obtidos do Total de Variâncias: Geral, Masculino e Feminino.

Total Variâncias – Geral									
ACP	Auto-valores iniciais			Somadas dos pesos extraídos			Rotação das somadas dos pesos		
	Total	% da Variância	% Acumulativo	Total	% da Variância	% Acumulativo	Total	% da Variância	% Acumulativo
1	6.757	45.046	45.046	6.757	45.046	45.046	6.248	41.652	41.652
2	2.891	19.274	64.320	2.891	19.274	64.320	3.232	21.547	63.200
3	1.438	9.585	73.906	1.438	9.585	73.906	1.606	10.706	73.906
Total Variâncias – Masculino									
1	5.616	37.441	37.441	5.616	37.441	37.441	4.250	28.331	28.331
2	3.070	20.470	57.910	3.070	20.470	57.910	2.921	19.475	47.806
3	1.681	11.207	69.117	1.681	11.207	69.117	2.773	18.489	66.295
4	1.343	8.956	78.074	1.343	8.956	78.074	1.767	11.778	78.074
Total Variâncias – Feminino									
1	5.365	35.765	35.765	5.365	35.765	35.765	4.611	30.742	30.742
2	2.967	19.782	55.547	2.967	19.782	55.547	2.661	17.741	48.484
3	1.603	10.688	66.235	1.603	10.688	66.235	1.920	12.797	61.281
4	1.397	9.313	75.548	1.397	9.313	75.548	1.650	11.002	72.283
5	1.139	7.596	83.144	1.139	7.596	83.144	1.629	10.861	83.144

Tabela 5. Matriz dos Componentes: Geral, Masculino e Feminino.

Componente Geral	Componente Masculino			Componente Feminino										
	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	5		
H2OT	0,957	-0,227	-0,038	TMB	0,978	-0,054	0,006	0,136	TMB	0,977	0,068	0,035	0,137	-0,044
TMB	0,945	-0,281	0,014	H2OT	0,972	-0,008	-0,078	0,088	H2OT	0,960	0,148	-0,018	0,107	-0,080
MM	0,933	-0,281	0,027	MM	0,971	-0,055	0,017	0,132	MM	0,938	0,051	0,084	0,178	-0,023
R	-0,837	-0,018	0,127	Peso	0,911	-0,286	0,142	0,145	Peso	0,931	-0,183	0,177	0,123	-0,070
PMD	0,781	0,078	0,053	R	-0,696	-0,216	0,163	0,473	MG	0,616	-0,475	0,314	0,064	-0,085
PME	0,753	0,105	0,032	PMD	0,585	0,402	0,089	-0,403	R	-0,563	-0,448	0,307	0,194	0,467
Peso	0,741	-0,590	0,152	PME	0,555	0,449	0,111	-0,390	SJ	-0,215	0,810	-0,044	0,289	-0,001
Altura	0,729	-0,128	-0,072	SJ	0,053	0,843	-0,155	0,224	CMJL	-0,157	0,798	0,124	0,305	0,005
SJ	0,425	0,745	-0,079	CMJ	-0,005	0,818	-0,161	0,248	CMJ	-0,193	0,771	-0,058	0,361	0,089
MG	-0,209	-0,734	0,280	CMJL	-0,038	0,785	-0,151	0,220	Xc	-0,379	0,075	0,847	-0,170	0,258
CMJ	0,407	0,730	-0,097	MG	0,449	-0,579	0,293	0,108	AF	0,563	-0,036	0,173	0,445	0,566
CMJL	0,458	0,704	-0,033	Xc	-0,444	0,195	0,786	0,292	PMD	0,482	0,366	-0,125	-0,549	0,424
Xc	-0,456	0,283	0,755	AF	0,559	-0,021	-0,155	0,682	PME	0,448	0,352	-0,319	-0,518	0,397
AF	0,490	0,311	0,673	IC	0,269	0,092	0,464	0,063	IC	0,078	0,279	0,330	-0,196	-0,366
IC	0,270	0,027	0,518											
				Método de Extração: ACP					Método de Extração: ACP					
a. 3 componentes extraídas				a. 4 componentes extraídas					a. 5 componentes extraídas					

Além disso, em Geral e Masculino, ainda contribuem para a formação da primeira componente principal as variáveis de testes motores PMD e PME, onde nesta componente aparecem as variáveis com os maiores coeficientes. Também, foi observado que as variáveis de potência de membros inferiores, que formam a segunda componente principal, foram comuns para Geral, Masculino e Feminino, com coeficientes mais elevados. Em Geral e Masculino ainda compõem nesta componente a variável MG, visto que essas variáveis contribuem para explicar a variância em 19.27, 20.47 e 19.78% para Geral, Masculino e Feminino, respectivamente.

Para os grupos Geral, Masculino e Feminino, somente analisando as duas primeiras componentes, já apresentaram bons percentuais que explicam as variâncias dos dados, conforme discutido e relatado pela literatura, onde estas duas ACPs são formadas em primeiro lugar por variáveis lineares de composição corporal (Peso, H2OT, MM) e da BIA (R e TMB) e na sequência por variáveis de força de membros inferiores (SJ, CMJ e CMJL), onde estas variáveis possuem altos pesos (“loadings”), conforme observado através da Tabela 5.

Já, as variáveis de força de membros superiores (PMD e PME), também, formaram as primeiras ACPs no grupo Geral e Masculino, confirmando uma grande importância para a amostra deste estudo e útil para o monitoramento e acompanhamento do nível físico dos atletas.

Quanto ao AF para o grupo Geral explica, quase que sozinho, 9,58% da variância para a terceira componente. Para Masculino explica 8.95% e Feminino 7.59% da variância. Embora o AF esteja presente na ACP 3, 4 e 5 para Geral, Masculino e Feminino, esta variável mostrou que possui também um “loading” nas primeiras ACPs dos três grupos, mostrando que essa variável possui relação com as respectivas variáveis destas primeiras ACPs.

A participação das variáveis de potência de membros inferiores na segunda componente principal caracteriza a sua importância na estrutura do desempenho esportivo para os atletas adolescentes.

A ACP mostrou por meio da Matriz dos Componentes, os coeficientes ou pesos que correlacionam as variáveis com os fatores. As variáveis com baixos coeficientes afetam os valores, devendo manter-se apenas aquelas que apresentam elevados coeficientes, onde estas variáveis com altos pesos tendem a estar presentes nas primeiras ACPs, justificando suas respectivas forças na explicação das variâncias, mostrando assim maior importância das variáveis no monitoramento dos atletas. A ACP permitiu eliminar sobreposições e escolher formas mais representativas de dados, a partir de combinações lineares das variáveis originais, principalmente as primeiras ACPs.

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo verificar a relação entre a composição corporal, ângulo de fase e a força de membros inferiores e superiores de adolescentes atletas de ambos os sexos, praticantes de diversas modalidades esportivas. De acordo com a hipótese formulada, a mesma foi confirmada quanto à relação entre ângulo de fase, composição corporal e força, em adolescentes atletas de diferentes modalidades esportivas nos Jogos da Juventude do Paraná.

A força de membros inferiores, representada pelos saltos SJ, CMJ e CMJL são variáveis importantes para o monitoramento de força e potência muscular dos membros inferiores, onde estas variáveis são relevantes para grande parte dos esportes individuais e coletivos que envolvam deslocamentos em alta velocidade e, também, onde se realizam saltos verticais. O acompanhamento dos resultados de cada atleta nestas variáveis, permite aos treinadores executarem treinamentos adequados para otimizar e/ou melhorar os rendimentos dos atletas em competições, além de contribuir para a diminuição de lesões musculares e articulares, inclusive em adolescentes atletas que podem estar em fase de maturação.

A escolha de realizar os três tipos de saltos, dentre outros motivos, se deveu ao fato de o presente estudo ter em sua amostra diversas modalidades esportivas, sendo que, em futuros estudos específicos por modalidade, estes testes de saltos podem ser direcionados para cada modalidade a ser analisada, seja com grandes ocorrências de contração isométrica ou dinâmica.

Quanto ao AF, um estudo realizado por Santos et al. (2015), em 407 atletas de alto rendimento (Masculino: 287 e feminino: 120 de 16 modalidades), com idade ≥ 16 anos, que participaram de competições nacionais em Portugal, visava verificar a relação do AF e testes de prensão manual e saltos. Nos homens verificou-se uma associação entre o AF e os testes funcionais (exceto saltos), independentemente da massa muscular. Nas mulheres não foram observadas associações. Além disso, foi construída no referido estudo (através de regressão linear) uma tabela de percentil para a variável AF onde o percentil 50 do AF correspondeu a 7.8° para os homens e 7° nas mulheres, visto que se assemelham com os valores médios para a referida variável do presente estudo, tanto para Masculino quanto para Feminino. Sendo assim, a pesquisa de Santos, Cyrino, Antunes, Santos e Sardinha (2016) se assemelha com os valores de AF achados, pois como pode ser verificado na Tabela 1, no Masculino o AF obteve uma média de 8.01° e no Feminino 7.23°.

Assim, o AF é um importante indicador para a função musculoesquelética de atletas do sexo masculino, independentemente da quantidade de MM, sendo este, uma

importante ferramenta para o seu monitoramento, no qual antevêm possíveis danos na integridade celular provenientes de cargas de treino excessivas. Na Tabela 3, o resultado de comunalidade da variável AF se mostrou elevado (0.790), onde esse elevado peso apresenta-se como importante variável para a formação das ACPs e, também, para o presente estudo, pois se mostrou correlacionado com as variáveis de composição corporal e força de PMD e PME, que formam a primeira ACP.

No estudo de Llames et al. (2013), também se assemelha com os valores de AF do presente estudo, pois os valores de AF para Masculino são maiores quando comparados do Feminino, embora neste estudo, seja uma revisão de diversos outros estudos, com amostras em diversas situações, mesmo assim se assemelhando com o presente estudo. Aliás, no estudo de Ribeiro et al. (2017) verificou-se que independente do sexo, um treino resistido progressivo pode induzir o aumento do AF em jovens universitários e no estudo de Santos et al. (2016) foi verificado que o treino resistido proporcionou mudanças no AF em mulheres idosas, visto que com o destreinamento o AF diminui, sendo necessário voltar a treinar para que ocorra novamente o aumento dessa variável, reforçando assim, como no presente estudo, se verifica boa relação da variável AF com a massa muscular em indivíduos que realizam treinamentos de força.

Logo, a variável AF se mostrou uma ferramenta importante para o monitoramento de atletas adolescentes que participaram da fase final dos Jogos da Juventude o Paraná, visto que se mostra maior em Masculino quando comparado com Feminino, talvez em função do grupo Masculino apresentar maior quantidade de MM do que feminino. Assim, de acordo com a literatura, as variáveis da presente investigação podem ser consideradas de grande relevância teórica para a prescrição, monitoramento e controle do treinamento de atletas adolescentes, também a relacionando com a força.

A perspectiva em função do conhecimento profundo sobre as relações entre composição corporal, força e AF em adolescentes atletas que participaram do presente estudo foi o ponto mais relevante para a construção e o desenvolvimento do presente estudo. Assim, os atletas que participaram da referida pesquisa, durante os seus respectivos períodos competitivos, onde seus resultados encontrados permitem estabelecer as seguintes condições:

A importância das variáveis lineares que formam cada ACP devem ser consideradas como critérios para o acompanhamento e monitoramento, considerando as especificidades e características de cada modalidade, sexo e idade, sendo que a técnica das ACP se apresentou como interessante ferramenta

para tais análises em atletas adolescentes, pois permitiu reduzir a quantidade de variáveis coletadas, no qual comporta somente variáveis com boa relevância e elimina variáveis que são redundantes para a referida análise, diminuindo a complexidade das suas respectivas interpretações.

CONCLUSÕES

Portanto, sabendo que o ângulo de fase é uma variável relativamente nova ao se avaliar no contexto de desempenho esportivo, onde se apresentou como importante variável, pois apareceu com altos pesos (“loadings”) em todas as componentes principais, ou seja, não sendo redundante, assim mostra-se interessante para o monitoramento da condição física de atletas adolescentes, visto que nas atividades que são solicitadas uma condição muscular mais vantajosa, se faz presente quando é aumentado a massa muscular e diminuído quando ocorre a redução da função muscular, onde além de possuir boa relação com a força, também se relaciona com as variáveis de composição corporal e da bioimpedância que formam a primeira ACP. Assim, além de confirmar a hipótese do estudo quanto à relação entre ângulo de fase, composição corporal e força, em especial, o ângulo de fase revela-se como promissor para avaliar a qualidade muscular em vários grupos de atletas, pois é uma variável em que o avaliador não leva mais de 30 segundos para adquirir, não sendo invasivo, fácil de realizar ou seja, muito ágil e prático para equipes desportivas, que contam sempre com o melhor aproveitamento do tempo em suas respectivas periodizações ao longo de uma temporada. Porém, sugere-se novos estudos com um n ainda maior para a amostra em questão, bem como o acompanhamento progressivo e mais minucioso de equipes desportivas, visando verificar com mais profundidade esta variável que muitos estudiosos estão a investigar.

AGRADECIMENTOS

Governo do Estado do Paraná, Secretária de Estado do Esporte e do Turismo do Paraná, Universidade Estadual de Londrina.

REFERÊNCIAS

- Barbosa-Silva, M. C. G., & Barros, A. J. D. (2005). Bioelectric impedance and individual characteristics as prognostic factors for post-operative complications. *Clinical Nutrition*, 24(5), 830-838. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2005.05.005>
- Bosco, C. (1993). Proposte metodologiche di valutazione delle capacità fisiche nei giovani ai fini di individuare le caratteristiche specifiche delle varie proprietà fisiologiche coinvolte nelle diverse specialità dell'atletica leggera. *Atleticastudi*, 6(6), 361-371.

- Bosy-Westphal, A., Danielzik, S., Dörhöfer, R. P., Later, W., Wiese, S., & Müller, M. J. (2006). Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 30(4), 309-316. <https://doi.org/10.1177/0148607106030004309>
- Dourado, A. C. (2007). *Monitoração de adaptações antropométricas, motoras e modelação da estrutura do desempenho esportivo de atletas de voleibol durante período de preparação*. Tese de Doutorado, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Gonzalez, M. C., Barbosa-Silva, T. G., Bielemann, R. M., Gallagher, D., & Heymsfield, S. B. (2016). Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 103(3), 712-716. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.116772>
- Horie, L. M., Barbosa-Silva, M. C. G., Torrinhas, R. S., de Mello, M. T., Ceconello, I., & Waitzberg, D. L. (2008). New body fat prediction equations for severely obese patients. *Clinical Nutrition*, 27(3), 350-356. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2008.03.011>
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J.-C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M. W. J., & Pichard, C. (2004a). Bioelectrical impedance analysis - Part I: Review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1226-1243. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>
- Kyle, U. G., Genton, L., Karsegard, V. L., Raguso, C. A., Dupertuis, Y. M., & Pichard, C. (2004b). Percentiles (10, 25, 75 and 90th) for phase angle (PhA), determined by bioelectrical impedance (BIA), in 2740 healthy adults aged 20-75 yr. *Clinical Nutrition*, 23, 758.
- Kyle, U. G., Genton, L., Slosman, D. O., & Pichard, C. (2001). Fat-free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. *Nutrition*, 17(7-8), 534-541. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(01\)00555-x](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(01)00555-x)
- Kyle, U. G., Soundar, E. P., Genton, L., & Pichard, C. (2012). Can phase angle determined by bioelectrical impedance analysis assess nutritional risk? A comparison between healthy and hospitalized subjects. *Clinical Nutrition*, 31(6), 875-881. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.04.002>
- Llames, L., Baldomero, V., Iglesias, M. L., & Rodota, L. P. (2013). Valores del ángulo de fase por bioimpedancia eléctrica: estado nutricional y valor pronóstico. *Nutrición Hospitalaria*, 28(2), 286-295. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.2.6306>
- Lukaski, H. C., Kyle, U. G., & Kondrup, J. (2017). Assessment of adult malnutrition and prognosis with bioelectrical impedance analysis: Phase angle and impedance ratio. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 20(5), 330-339. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000387>
- Maroco, J. (2007). *Análise estatística com utilização do SPSS*. Sílabo.
- Moura, P. M. L. S., Moreira, D., & Caixeta, A. P. L. (2008). Força de preensão palmar em crianças e adolescentes saudáveis. *Revista Paulista de Pediatria*, 26(3), 290-294. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822008000300014>
- Norman, K., Stübler, D., Baier, P., Schütz, T., Ocran, K., Holm, E., Lochs, H., & Pirlich, M. (2006). Effects of creatine supplementation on nutritional status, muscle function and quality of life in patients with colorectal cancer-A double blind randomised controlled trial. *Clinical Nutrition*, 25(4), 596-605. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2006.01.014>
- Oliveira, S., Oliveira, S. L., Menezes, R. K., Miranda, L. G., Pedrosa, H. C., & Prestes, J. (2016). Análise da força de preensão manual e risco cardiovascular de adolescentes com diabetes melitos Tipo 1. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 24(2), 5-14. <https://doi.org/10.18511/rbcm.v24i2.5876>
- Ott, M., Fischer, H., Polat, H., Helm, E. B., Frenz, M., Caspary, W. F., & Lembcke, B. (1995). Bioelectrical impedance analysis as a predictor of survival in patients with human immunodeficiency virus infection. *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes and Human Retrovirology*, 9(1), 20-25.
- Paiva, S. I., Borges, L. R., Halpern-Silveira, D., Assunção, M. C. F., Barros, A. J. D., & Gonzalez, M. C. (2011). Standardized phase angle from bioelectrical impedance analysis as prognostic factor for survival in patients with cancer. *Supportive Care in Cancer*, 19(2), 187-192. <https://doi.org/10.1007/s00520-009-0798-9>
- Pestana, M. H., & Gageiro, J. N. (2008). *Análise de dados para ciências sociais: a complementaridade do SPSS*. Sílabo.
- Ribeiro, A. S., Avelar, A., Santos, L., Silva, A. M., Gobbo, L. A., Schoenfeld, B. J., Sardinha, L. B., & Cyrino, E. S. (2017). Hypertrophy-type Resistance Training Improves Phase Angle in Young Adult Men and Women. *International Journal of Sports Medicine*, 38(1), 35-40. <https://doi.org/10.1055/s-0042-102788>
- Santos, D. A., Silva, A. M., Matias, C. N., Rocha, P. M., Minderico, C. S., & Sardinha, L. B. (2015). Ângulo de fase como indicador funcional inovador em praticantes desportivos. *Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Desportivo*, 1-9. Recuperado de http://formacao.comiteolimpicportugal.pt/PremiosCOP/COP_PFO_TS/file007.pdf
- Santos, L., Cyrino, E. S., Antunes, M., Santos, D. A., & Sardinha, L. B. (2016). Changes in phase angle and body composition induced by resistance training in older women. *European Journal of Clinical Nutrition*, 70(12), 1408-1413. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.124>
- Souza, M. F., Tomeleri, C. M., Ribeiro, A. S., Schoenfeld, B. J., Silva, A. M., Sardinha, L. B., & Cyrino, E. S. (2017). Effect of resistance training on phase angle in older women: A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27(11), 1308-1316. <https://doi.org/10.1111/sms.12745>
- TBW, B. (2007). *Guidance of Instructions*. Biodinamics.
- Thomas, J. R., Nelson, J. K., & Silverman, S. J. (2009). *Métodos de pesquisa em atividade física*. Artmed.
- Tomeleri, C. M., Cavaglieri, C. R., de Souza, M. F., Cavalcante, E. F., Antunes, M., Nabbuco, H. C. G., Venturini, D., Barbosa, D. S., Silva, A. M., & Cyrino, E. S. (2018). Phase angle is related with inflammatory and oxidative stress biomarkers in older women. *Experimental Gerontology*, 102, 12-18. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.11.019>