

Análise de componentes principais na identificação de características físicas primordiais em esportes coletivos

Analysis of principal components in the identification of primordial physical characteristics in collective sports

FIGUEIREDO DH, FIGUEIREDO DH, GONÇALVES HR, STANGANELLI LCR, DOURADO AC. Análise de componentes principais na identificação de características físicas primordiais em esportes coletivos. R. bras. Ci. e Mov 2019;27(3):41-51.

RESUMO: Os objetivos do presente estudo foram: demonstrar por meio da análise de componentes principais (ACP), quais as variáveis físicas que poderiam estar mais relacionadas com o desempenho de atletas de modalidades coletivas, podendo assim colaborar com uma maior caracterização das mesmas e testar se a utilização da técnica multivariada de análise por meio da ACP seria capaz de sintetizar essas variáveis. Fizeram parte do estudo 108 atletas (38 do sexo masculino e 70 do feminino) representantes da cidade de Londrina nos Jogos da Juventude do Paraná de 2008 e 2011 nas modalidades de futsal, handebol, basquetebol e voleibol. Foram realizadas medidas de composição corporal por meio de plestimografia por deslocamento de ar, estatura e massa corporal, saltos verticais em placa de contato, testes de agilidade e velocidade, flexões abdominais e o teste de corrida de Leger. A ACP foi utilizada na tentativa de sumarizar em fatores as variáveis investigadas para todas as modalidades investigadas. Foram identificados 4 componentes principais para as modalidades de Futsal e Voleibol, representando 79,7% e 77% da variância total e de 3 componentes para as modalidades Basquetebol e Handebol, respondendo por 77% e 81,6% da variância total. A ACP foi capaz de identificar e discriminar as variáveis que mais respondem pela variância total em modalidades coletivas. As variáveis que mais contribuíram para a formação dos componentes vão ao encontro com os principais atributos específicos das modalidades estudadas, identificando assim as principais variáveis que em tese poderiam contribuir para o sucesso esportivo nas modalidades em questão.

Palavras-chave: Análise multivariada; Educação física e treinamento; Esportes.

ABSTRACT: The objectives of the present study were: to demonstrate through the principal components analysis (PCA), which physical variables could be more related to the performance of athletes of collective modalities and, thus collaborate with a greater characterization of them and to test if the use of the multivariate analysis technique by the PCA would be able to synthesize these variables. Participated in the study 108 athletes that represents the city of Londrina at the Youth Games of Paraná in 2008 and 2011 in the modalities of futsal, handball, basketball and volleyball. Body composition, height, body mass, vertical jumps, agility, speed tests, abdominal flexions and the Leger running test were conducted. PCA was used to summarize the variables investigated. Four principal components were identified for futsal and volleyball, representing 79,7% and 77% of the total variance and 3 principal components for basketball and handball, accounting for 77% and 81,6% of the total variance. The PCA was able to identify and discriminate the variables that most respond by the total variance in collective modalities. The variables that contributed the most to the formation of the components are in agreement with the main specific attributes of the modalities studied, thus identifying the main variables that in theory contribute to the sporting success in the modalities in question.

Key Words: Multivariate analysis; Physical education and training; Sports.

Diego H. Figueiredo¹
Diogo H Figueiredo¹
Helcio Rossi Gonçalves²
Luiz C. R. Stanganelli²
Antônio Carlos Dourado²

¹Universidade Estadual de Maringá

²Universidade Estadual de Londrina

Introdução

Modalidades esportivas coletivas, como futsal, voleibol, basquetebol e handebol apresentam características próprias do ponto de vista técnico, tático e físico, podendo estas, serem manifestadas, por ações combinadas em grupo ou por características individuais dos atletas, dentro das especificidades de cada modalidade¹, sendo consideradas atividades com permanentes alterações, ricas em circunstâncias imprevistas as quais os indivíduos devem responder. Aspectos estes que geralmente são dificilmente controladas, como aleatoriedade, imprevisibilidade e variabilidade de comportamentos e ações, que conferem a este grupo de modalidades características únicas.

Devido à complexidade presente nas modalidades esportivas coletivas, principalmente por depender da combinação de características físicas, funcionais e habilidades motoras específicas, considerar apenas um atributo isoladamente em detrimento aos demais não parece ser a abordagem mais apropriada, uma vez que a proficiência na maioria dos esportes é produto de vários componentes². O treinamento das capacidades físicas deve ter um caráter especializado e orientado para cada capacidade dando ênfase àquelas que serão mais exigidas em determinado esporte³. Cada modalidade esportiva coletiva possui um perfil característico e todos os processos de treinamento, objetivos e métodos em qualquer etapa do treinamento, tendo em vista um alto desempenho, devem estar direcionadas para os requisitos exigidos por tal modalidade⁴.

Recentemente, Taylor *et al.*⁵ identificaram por meio de uma revisão de literatura voltada a identificação das demandas fisiológicas presentes em modalidades esportivas coletivas diferenças substanciais quando consideradas as diferentes modalidades no que se refere a ações como deslocamentos em linha reta, saltos e movimentos laterais, sendo o volume destas demandas amplamente variável. Certas modalidades esportivas coletivas requerem *sprints* no plano sagital de forma mais frequente e consistentes, assim como sprints de alta intensidade^{6,7}, enquanto outras são fortemente dependentes de saltos^{8,9,10}. Modalidades como futsal, por exemplo, por ser considerado um esporte intermitente de alta intensidade, requer de seus praticantes um alto grau de capacidade aeróbia, força e potência a fim de tornar possível a realização de ações específicas como acelerações, desacelerações e mudanças de direções bruscas^{11,12,13}. De forma semelhante, modalidades como voleibol, basquetebol e handebol necessitam destas capacidades físicas em ações específicas (i.e., deslocamentos para ataques no voleibol; contra-ataques e recuperação defensiva no basquetebol e handebol), entretanto capacidades como a realização de saltos horizontais e verticais parecem ser fatores determinantes nestas modalidades^{10,14,15,16}.

Desta maneira a identificação das variáveis que possam contribuir de forma mais expressiva para o sucesso de jovens atletas nas diversas modalidades poderia contribuir para um melhor entendimento do perfil específico para cada modalidade, definindo quais delas poderiam ser selecionadas a fim de determinar os limites de inclusão e exclusão dos indivíduos. Devido à grande quantidade de dimensões presentes nas modalidades esportivas coletivas, identificar aquelas que mais poderiam interferir de forma primordial para o desempenho torna-se uma tarefa complicada, se não possuímos ferramentas apropriadas que possam ser utilizadas para estruturar e simplificar os dados de maneira a conservar o máximo de informação expressa pelas variáveis originais. Pensando neste problema uma solução seria então encontrar variáveis hipotéticas daquelas já observadas que mesmo em menor número possam ser mais convenientemente estudadas. Para isso a utilização de técnicas estatísticas de análise multivariada, principalmente a técnica de Análise de Componentes Principais (ACP) vem sendo utilizada para esta finalidade¹⁷.

O método de ACP é utilizado para encontrar combinações lineares com grandes variâncias, pois algumas vezes, os primeiros componentes explicam uma grande parte da variância total das variáveis originais. Estas componentes principais podem, para certos propósitos, serem utilizados para descrever com maior qualidade a estrutura de dependência das variáveis observáveis, e desde modo sinalizar os fatores que são considerados essenciais no desenvolvimento de esportistas de modalidades esportivas coletivas. Entretanto, ainda não existem estudos que tentaram

avaliar quais as variáveis relacionadas aos componentes físicos que poderiam de certa forma identificar fatores latentes e que de certa forma seriam primordiais para cada modalidade esportiva coletiva, bem como da efetividade da utilização da técnica de ACP para a identificação destes fatores.

Deste modo o objetivo deste estudo foi demonstrar por meio da ACP, quais as variáveis relacionadas aos componentes físicos de modalidades esportivas coletivas poderiam explicar de forma mais efetiva a variância encontrada, podendo assim colaborar com uma maior caracterização das mesmas, auxiliando desde modo técnicos e treinadores a programarem treinamentos mais específicos e estruturados visando deste modo a melhora destas capacidades físicas, assim como na melhor seleção e monitoramento de atletas a longo prazo, além disto, testar se a utilização da técnica multivariada de análise por meio da ACP seria capaz de realmente identificar alguns aspectos latentes (fatores/componentes) relacionadas aos componentes físicos que pudessem explicar de algum modo as correlações entre as variáveis estudadas.

Materiais e métodos

Participantes

Foram avaliados 108 atletas (38 do sexo masculino e 70 do feminino) representantes da cidade de Londrina nos Jogos da Juventude do Paraná de 2008 e 2011. Os atletas avaliados integravam as modalidades de futsal ($n = 33$, idade: $16,8 \pm 1,3$ anos), handebol ($n = 27$, idade: $16,3 \pm 0,9$ anos), basquetebol ($n = 22$, idade: $15,8 \pm 0,9$ anos), e voleibol ($n = 26$, idade: $16,4 \pm 1,4$ anos). Todos os sujeitos bem como seus responsáveis foram informados do propósito do estudo e um termo de Consentimento Livre e Esclarecido para a participação dos jovens foi concedido pelos responsáveis. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina sobre o parecer nº 068/07.

Coleta de dados

Os testes e medidas utilizados para constituir o conjunto original de variáveis para o estudo foram realizados em duas etapas: a primeira etapa constituía de testes de desempenho em quadra realizados em dois dias com um intervalo de 48 hrs entre as avaliações. Durante o primeiro dia de avaliações foram realizados os testes de: três saltos verticais, salto *squat jump* (SJ), salto com contra movimento (CMJ) e salto livre (Livre)¹⁸, obtidos em placa de contato acoplada ao software Multisprint; agilidade (Agilidade), utilizando-se o teste do quadrado, que consistia na demarcação de quatro cones, distantes quatro metros entre si, desenhando um quadrado no solo. Após um sinal sonoro, o participante deveria deslocar-se até o cone posicionado na diagonal, correndo em direção ao cone à sua esquerda e novamente para o cone na diagonal e depois ao último cone que corresponde ao ponto de partida. Os participantes deveriam tocar com uma das mãos cada um dos cones que demarcam o percurso. Foram realizadas duas tentativas sendo registrado o melhor tempo de execução, resistência abdominal (Abdominal) onde os participantes deveriam realizar em decúbito dorsal, com os joelhos flexionados a 45 graus e com os braços cruzados sobre o tórax o maior número de repetições em um intervalo de tempo de 60 segundos e arremesso de medicine Ball (Med Ball) onde os participantes deveriam sentar-se com os joelhos estendidos, as pernas unidas e as costas completamente apoiadas à uma parede, tendo os mesmos que arremessar uma medicine ball (2kg) na maior distância possível em três tentativas, sendo contabilizado a maior distância alcançada.

Já durante o segundo dia de avaliações foram realizados os testes de: velocidade 10m (C10) e 30m (C30)¹⁹ com utilização de três fotocélulas (posicionadas no 0m, 10m e 30m) também acopladas ao software Multisprint e, por último, o teste de multiestágio (ME) – 20 metros Shuttle run²⁰, a partir do qual foi estimado o VO_2 máx. A estimativa do VO_2 máx foi realizada a partir dos dados normativos de Leger *et al.*²⁰. Todos os testes respeitaram um intervalo de

recuperação apropriado entre suas execuções, evitando assim qualquer interferência nos resultados obtidos.

A segunda etapa consistia na determinação das variáveis antropométricas, sendo avaliada a estatura (Estatura), peso (Peso), gordura corporal (GC), massa muscular (MM), sendo a composição corporal avaliada por meio da Pletismografia (Bod Pod), seguindo todos os passos especificados pelo fabricante no que diz respeito à calibração do equipamento. Os testes motores e de desempenho foram realizados no laboratório de Pesquisa e Estudo em Ciências do Esporte na Universidade Estadual de Londrina, nos anos de 2008 e 2011, sendo aplicados por pesquisadores treinados e especializados na realização de avaliações físicas para equipes esportivas.

Análise Estatística

Inicialmente para a análise dos dados foi realizada a estatística descritiva (média e desvio padrão). A normalidade dos dados assim como a esfericidade foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk e teste de Mauchly respectivamente. Uma ANOVA *One-way* de medidas repetidas seguida por um teste *post-hoc* de Bonferroni foi utilizada para avaliar as diferenças nas variáveis analisadas entre as modalidades. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. Para sumarização dos dados recorreu-se a análise fatorial (AF) a fim de examinar todo o conjunto de relações interdependentes. Constituiu-se uma matriz de correlação com as variáveis originais. Para assegurar que a AF era uma técnica adequada, foi utilizado o teste de esfericidade de Bartlett²¹ ($p < 0,05$). Assumida a conveniência do modelo, selecionou-se o método dos componentes principais (ACP) a fim de reduzir o número de variáveis e o número de componentes.

Uma técnica de análise de regressão múltipla foi, então, usada para determinar a parte da variância explicada pelos componentes extraídos da ACP. O número de componentes principais da matriz padrão extraído pela ACP foi escolhido com um autovalor maior do que um (critério de Kaiser). A partir da matriz original houve a rotação pelo método VARIMAX (rotação ortogonal), para extrair as variáveis apropriadas para cada modalidade estudada.

Resultados

Na tabela 1 estão descritos os valores médios e os desvios padrão das variáveis de interesse em cada modalidade avaliada.

Tabela 1. Média $\pm$ Desvio padrão das variáveis de interesse para as diferentes modalidades.

Variáveis	Basquetebol	Futsal	Handebol	Voleibol
Estatura (m)	1,77 $\pm$ 0,10 ^b	1,68 $\pm$ 0,6 ^{a,d}	1,7 $\pm$ 0,9 ^d	1,8 $\pm$ 0,7 ^{b,c}
Peso (kg)	69,3 $\pm$ 12,6 ^b	62,2 $\pm$ 7,39 ^a	68 $\pm$ 11,9	68,6 $\pm$ 6,7
GC (%)	17,4 $\pm$ 7,6	15,7 $\pm$ 8,1 ^d	19,6 $\pm$ 8,2	16,2 $\pm$ 9,1
MM (%)	81,8 $\pm$ 8,6	79,7 $\pm$ 18,8	80,39 $\pm$ 8,2	83,7 $\pm$ 9,2
SJ (cm)	30,1 $\pm$ 6,8	27,1 $\pm$ 6,2 ^d	28,5 $\pm$ 6,4 ^d	32,9 $\pm$ 6,2 ^{b,c}
CMJ (cm)	33,1 $\pm$ 7,6	30,2 $\pm$ 6,6 ^d	30,7 $\pm$ 7,1 ^d	35,7 $\pm$ 7,1 ^{b,c}
Livre (cm)	39,4 $\pm$ 9,5	35,1 $\pm$ 7,4 ^d	35,4 $\pm$ 7,8 ^d	41,9 $\pm$ 7,8 ^{b,c}
Agilidade (seg)	6,2 $\pm$ 0,53	6,1 $\pm$ 0,46 ^d	6,4 $\pm$ 0,54	6,6 $\pm$ 0,52 ^b
C10 (seg)	1,89 $\pm$ 0,13	1,9 $\pm$ 0,16	1,9 $\pm$ 0,14	1,8 $\pm$ 0,15
C30 (seg)	3,2 $\pm$ 0,2 ^b	3,5 $\pm$ 0,46 ^{a,d}	3,3 $\pm$ 0,24	3,2 $\pm$ 0,2 ^b
Abdominal (seg)	26,1 $\pm$ 4,1 ^c	23,6 $\pm$ 3,3 ^d	22,8 $\pm$ 3,7 ^{a,d}	26,5 $\pm$ 4 ^{b,c}
Med Ball (cm)	8,2 $\pm$ 1,3 ^b	7,4 $\pm$ 1,0 ^{a,d}	7,7 $\pm$ 1,1	8,3 $\pm$ 1,1 ^b
VO ₂ Leger (ml. Kg.min)	49,59 $\pm$ 4,8 ^{b,c,d}	45,1 $\pm$ 4,1 ^{a,c,d}	40,3 $\pm$ 3,0 ^{a,b}	38,6 $\pm$ 4,8 ^{a,b}

Nota: GC: gordura corporal; MM: massa muscular; SJ: *squat jump*; CMJ: *counter moviment jump*; Livre: salto livre; Agilidade: teste de agilidade; C10: corrida de 10 metros; C30: corrida de 30 metros; Abdominal: teste de resistência abdominal; MedBall: arremesso de *medicine ball*; VO₂ leger: consumo máximo de oxigênio estimado a partir do teste multiestágio (ME: 20 metros *shuttle run*). ^a $P < 0,05$ comparado com Basquetebol; ^b $P < 0,05$ comparado com Futsal; ^c $P < 0,05$ comparado com Handebol; ^d $P < 0,05$ comparado com Voleibol.

O teste de Esfericidade de *Barlett* foi significativo para todas as modalidades ($p < 0,05$) demonstrando uma correlação entre todas as variáveis, e que a ACP poderia ser empregada. Foram identificadas matrizes em todas as modalidades com fatores que responderam por 95% da variância total. Através da identificação das variáveis que apresentavam as maiores cargas sobre o fator para cada modalidade, foi possível rotular tais fatores. Foram considerados somente os componentes com autovalor acima de 1 a fim de estabelecer significância prática para análise, sendo assim alguns componentes foram retidos (Figura 1).

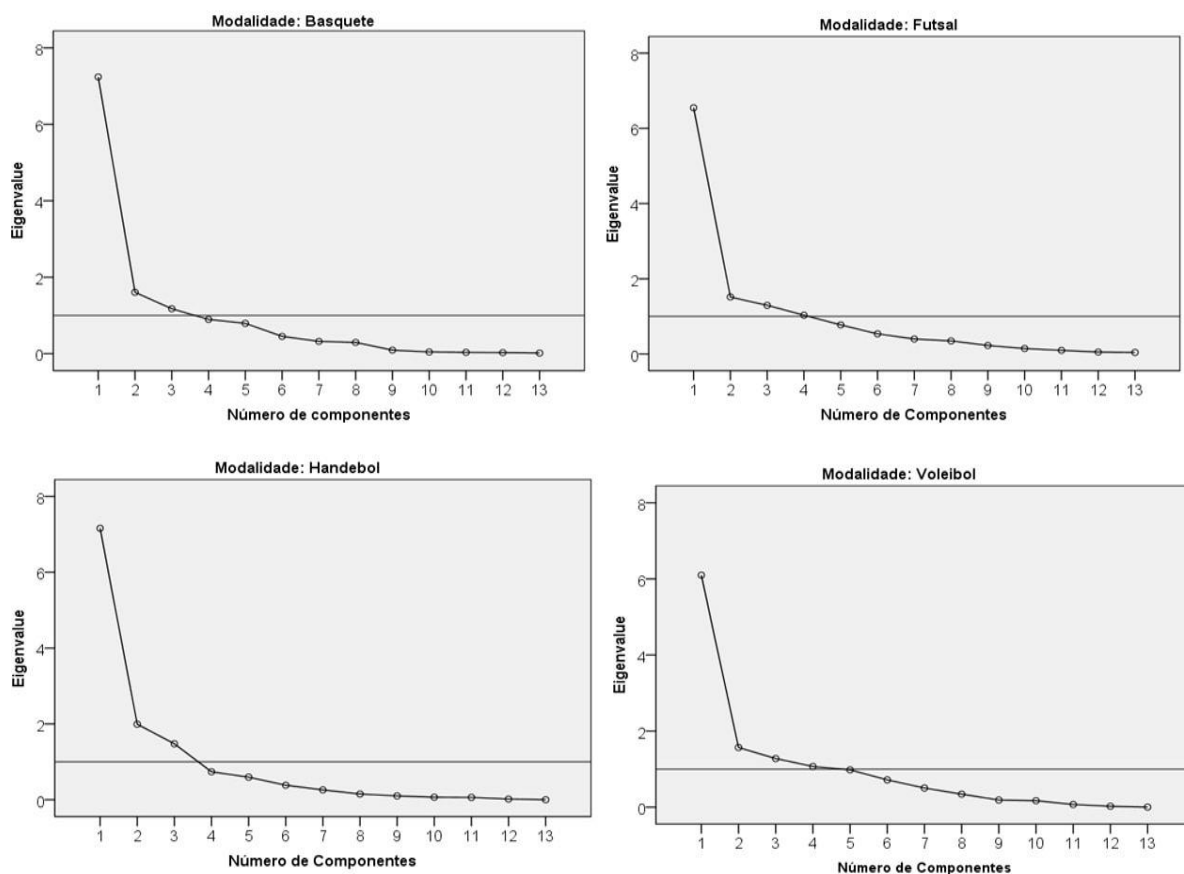


Figura 1. Autovalor (*Elgenvalue*) dos componentes principais em cada modalidade.
Nota: Linha horizontal representa o auto valor igual a 1.

Essa análise fatorial individual, realizada por modalidade revelou a existência de 4 componentes principais para as modalidades de Futsal e Voleibol, representando 79,7% e 77% da variância total e de 3 componentes principais para o Basquetebol e Handebol, respondendo por 77% e 81,6% da variância total. Na tabela 2 são apresentados os pesos de cada variável em relação ao fator (componente). Foram consideradas somente as variáveis que contribuíram com valores iguais ou acima de 0,70¹⁷.

Para a modalidade Basquete o componente principal 1, respondeu por 55,7 % da variância total, e está relacionado as variáveis Tempo 10m; Salto SJ; CMJ; Livre; Percentual de Gordura e Massa Magra, enquanto que o segundo e terceiro componentes responderam por 12,3% (Estatura; Peso e Med Ball) e 9% ($VO_{2\text{ máx}}$) da variância total.

Para a modalidade Futsal o componente principal 1, respondeu por 50,3% da variância total, e está relacionado às variáveis Estatura, Salto SJ, CMJ e Livre, Agilidade e Percentual de Gordura enquanto que o segundo, terceiro e quarto componentes responderam por 11,6% (Tempo 30m); 9,9% (Massa Muscular) e 7,9% ($VO_{2\text{ máx}}$) da variância total.

Já a modalidade Voleibol, o componente principal 1, respondeu por 46,89% da variância total, estando relacionado às variáveis Tempo 30 m; Salto SJ; CMJ; Livre; Percentual de Gordura e Massa Muscular, enquanto que o

segundo, terceiro e quarto componentes responderam por 12,06%; 9,8% e 8,2% da variância total, relacionando-se às variáveis Agilidade, Med Ball e VO_2 máx respectivamente.

Tabela 2. Resultado da análise dos componentes principais demonstrando a carga de cada variável que contribuiu acima de 0,7 para cada componente retido, os autovalores e o percentual de variação para cada componente principal rotado.

Modalidade	Basquete			Futsal				Handebol			Vôlei			
	Componentes			Componentes				Componentes			Componentes			
Variáveis	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4
Estatura		0,83		0,848				0,83						
Peso		0,937						0,937						
GC (%)	-0,902			-0,805				-0,902			-0,945			
MM(%)	0,902					0,899		0,902			0,943			
SJ	0,721			0,896				0,901			0,872			
CMJ	0,809			0,926				0,928			0,905			
Livre	0,851			0,937				0,915			0,916			
Agilidade	0,821			-0,746				-0,787			-0,823			
C10 (m)				-0,731				-0,907						
C30 (m)	-0,797				-0,920			-0,925			-0,722			
Abdominal										0,820				
Med Ball		0,738						0,755				0,835		
VO_2 Leger			0,871				0,807			0,862				0,836
Auto Valor	7,2	1,6	1,1	6,5	1,5	1,2	1	7,1	1,9	1,4	6	1,5	1,2	1
Variância (%)	55,7	12,3	9	50,3	11,6	9,9	7,9	55	15,3	11,3	46,9	12	9,8	8,2
Total da Variância (%)	79,7			77				81,6			76,9			

Nota: GC: gordura corporal; MM: massa muscular; Sj: *squat jump*; CMJ: *counter moviment jump*; Livre: salto livre; Agilidade: teste de agilidade; C10: corrida de 10 metros; C30: corrida de 30 metros; Abdominal: teste de resistência abdominal; MedBall: arremesso de *medicine ball*; VO_2 leger: consumo máximo de oxigênio estimado a partir do teste multiestágio (ME: 20 metros *shuttle run*)

Para a modalidade Handebol o componente principal 1, respondeu por 55% da variância total, estando relacionadas às variáveis Tempo 10m; Tempo 30m; Salto SJ; CMJ; Livre; Agilidade; Percentual de Gordura e Massa Muscular, enquanto que o segundo e terceiro e quarto componentes responderam por 15,3% (Estatura; Peso e Med Ball) e 11,3 % (VO_2 máx e abdominal) da variância total. (Figura 2).

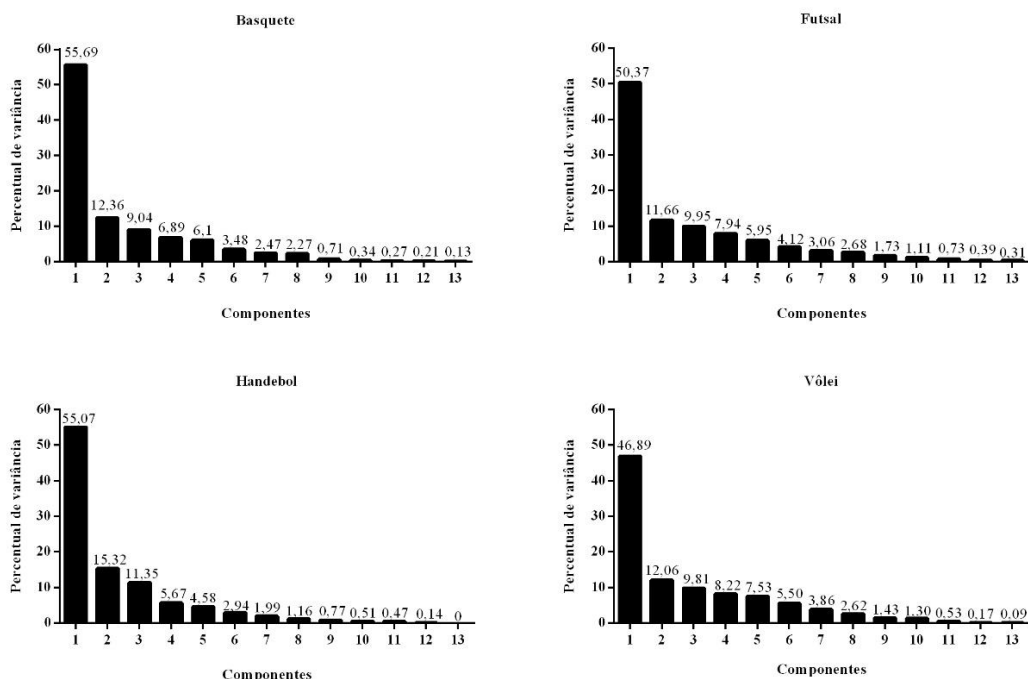


Figura 2. Percentual de variação dos componentes principais para as diferentes modalidades.

Considerando todas as modalidades estudadas em conjunto, foi possível a identificação de três componentes principais que mais respondiam pela variância total. O componente principal 1, respondeu por 45,6% da variância total, estando associada as variáveis de força de membros inferiores recebendo cargas altas decorrentes das variáveis de Salto SJ, CMJ e Livre, enquanto que o segundo componente respondeu por 13,2% da variação, estando associados a dimensão corporal. Já o terceiro componente estava relacionado a componente de aptidão aeróbia, respondendo por 10,2% da variância total (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados da análise dos componentes principais demonstrando a carga de cada variável que contribuiu acima de 0,7 para cada componente, os autovalores e o percentual de variação para cada componente principal.

Variáveis	Componentes		
	1	2	3
Estatura		0,815	
Peso		0,787	
GC (%)			
MM(%)		0,940	
SJ	0,874		
CMJ	0,908		
Livre	0,894		
Agilidade			
C10 (m)			
C30 (m)			
Abdominal			
Med Ball			
VO ₂ Leger			0,865
Auto Valor	5,481	1,593	1,231
Variância (%)	45,6	13,2	10,2
Total da Variância (%)		69,1	

Nota: GC: gordura corporal; MM: massa muscular; Sj: *squat jump*; CMJ: *counter moviment jump*; Livre: salto livre; Agilidade: teste de agilidade; C10: corrida de 10 metros; C30: corrida de 30 metros; Abdominal: teste de resistência abdominal; MedBall: arremesso de medicine ball; VO₂ leger: consumo máximo de oxigênio estimado a partir do teste multiestágio (ME: 20 metros *shuttle run*).

Discussão

O principal objetivo do presente estudo foi verificar por meio de uma análise de componentes principais, quais as variáveis que poderiam estar relacionadas com o desempenho físico de atletas de modalidades esportivas coletivas. O principal achado deste estudo foi a identificação de componentes principais em todas as modalidades estudadas, sendo possível rotular tais variáveis relacionadas ao componente físico que mais respondiam pela variação total, caracterizando desta maneira aquelas que em tese contribuíram de forma determinante para o sucesso nas modalidades esportivas coletivas estudadas. Na presente investigação foi possível identificar alguns componentes principais, considerando os autovalores acima de 1 que mais representaram estas características inerentes as modalidades esportivas coletivas estudadas, sugerindo dimensões importantes para o melhor desempenho físico, assim como as variáveis que mais responderam pela variância total.

Para o primeiro componente as variáveis de salto (*Squat Jump*, *Counter Moviment Jump* e Salto Livre) e Percentual de gordura (%G) apresentaram cargas acima de 0.80 em todas as modalidades analisadas, demonstrando assim que essas variáveis são importantes para estes atletas. Esse resultado era esperado, uma vez que modalidades como voleibol, handebol e basquetebol apresentam como características primordiais a necessidade de realização

constantes de saltos horizontais e verticais, o que influenciam de forma determinante o desempenho físico de atletas pertencentes a estas modalidades. Estudos tem demonstrado que a frequência de saltos em atletas de voleibol pode girar em torno de 22,5 saltos por jogo²², de 8,2 a 19,1 saltos por jogo em atletas de handebol¹⁰ e de 41 a 56 saltos para atletas de basquetebol por jogo⁹, representando 0,6 a 2% do tempo de jogo²³, com uma média de um salto por minuto²⁴. A avaliação do desempenho de membros inferiores é considerada de grande importância nas diversas modalidades esportivas coletivas, principalmente nas que requerem a habilidade de saltos em diferentes situações²⁵. Este pensamento pode ser fundamentado nas colocações de Ugrinowitsch e Barbanti²⁶, os quais relatam que diversas modalidades esportivas utilizam o salto vertical durante os jogos ou provas (voleibol, basquetebol, saltos no atletismo), sendo que em algumas delas ele é parte importante de ações motoras mais complexas (cortadas e bloqueios no voleibol e arremesso ou rebote no basquetebol e handebol).

Já para as variáveis que estão presentes dentro do primeiro componente, mas que são específicas de cada modalidade foram identificadas para o futsal, a estatura e agilidade (com cargas de 0,848 e -0,746), voleibol C30m e Massa Muscular (-0,722 e 0,943), basquete C10m e Massa Muscular (-0,797 e 0,721) e handebol C10m, C30m, Agilidade e Massa Muscular (-0,907; -0,925; -0,787 e 0,902). As variáveis de velocidade, aceleração e agilidade do primeiro componente revelaram cargas negativas, indicando que o tempo reduzido para realizar as distâncias exerce papel fundamental para o componente, sendo identificadas como segundo componente principal para as modalidades de Futsal (Corrida de 30 metros; -0,920) e Voleibol (Agilidade; -0,823). Esse resultado demonstra que a aceleração, a capacidade de mudança de direção e a massa muscular podem ser consideradas fatores primordiais no desempenho de atletas de modalidades coletivas, devendo assim ser monitorada e aperfeiçoada ao longo do processo de formação. Principalmente em esportes onde os padrões de movimento são de natureza intermitente que alternam breves períodos de esforços máximos ou bem próximo do máximo, seguidos por diferentes períodos de recuperação²⁷. Pesquisas tem demonstrado que atletas de futsal realizam 7,4 sprints por jogo, com uma duração aproximada de 1,6 a 1,9 segundos em distâncias que variam de 7,8 a 13 metros²⁸. Atletas de handebol realizam em média 19 a 25 sprints durante competições¹⁰, assim como atletas de basquetebol que geralmente podem realizar em média de 18 a 105 sprints, com cada sprint durando em média de 0,5 a 2,4 segundos em distâncias que variam de 3,9 a 9,5 metros⁹, o que torna o bom desenvolvimento dessas variáveis primordiais para o bom desempenho nestas modalidades.

Já para o segundo componente algumas variáveis também responderam de forma parecida para as modalidades de Basquete e Handebol, sendo a estatura, Peso e Med Ball as variáveis integrantes desse componente. Já para o Voleibol a variável Med Ball apresentou menor variância e foi identificada como terceiro componente. Uma descoberta intrigante no presente estudo diz respeito a variável Estatura, apresentando pesos menores em modalidades onde é considerado um aspecto primordial tanto na seleção de talentos desportivos como para a própria modalidade em si, com pesos menores que 0,7 na modalidade Voleibol e como segundo componente nas modalidades de Basquete e Handebol. Isso pode ser explicado em parte pelo fato dos atletas que participaram deste estudo possuírem um padrão de estatura elevada, o que poderia interferir no modelo de análise, uma vez que este modelo pode ter conferido maior peso as variáveis que poderiam interferir mais na variância total. Mesmo padrão foi identificado em atletas de basquetebol da seleção brasileira masculina sub-17, sendo a estatura dos jogadores considerada como segundo componente principal¹⁷, o que nos leva a concluir que apesar de ser exaustivamente considerada como sendo uma variável importante para a seleção de talentos e de fundamental importância para a modalidade, uma vez que no presente estudo esta variável respondeu por 12% da variância total, ela parece não ser a variável mais importante, aquela que exerceria e/ou explicaria uma maior variância nos resultados.

Com relação às variáveis de potência de membros inferiores, a habilidade de gerar ou transferir a potência muscular pode ser considerado um elemento chave para o sucesso em muito esportes. Segundo Barbanti²⁹, ela pode ser

considerada como capacidade motora onde se busca realizar o máximo de força no menor tempo possível, e se associada à habilidade do atleta de transferi-la para situações esportivas específicas é determinante para o êxito competitivo. Portanto modalidades como Voleibol, Basquetebol e Handebol, que utilizam de movimentos específicos de membros superiores durante sua prática desportiva, parecem ser aquelas que apresentam a potência de membros como uma variável que contribui de forma primordial para o sucesso destes atletas.

Outro achado interessante diz respeito à capacidade aeróbica identificada como último componente principal entre todas as modalidades estudadas, assim como quando realizada a análise levando em consideração a amostra total, demonstrando ser um componente fundamental para estas modalidades. Apesar de ser considerado um componente importante do condicionamento para esportes coletivos, o componente aeróbico demonstrou ser a variável que menos respondeu pela variância total. Na maioria das modalidades esportivas coletivas a capacidade para se recuperar rapidamente é decisiva se atividades subsequentes máximas com características intermitentes são exigidas. A capacidade máxima para desempenhar esses exercícios repetidos é influenciada principalmente pela natureza do exercício e pelo período de recuperação³⁰. Por mais que uma atividade simples durante um exercício de alta intensidade durando poucos segundos resulte em um decréscimo de estoques de ATP/CP (Adenosina Trifosfato), se essa ação exceder mais do que alguns segundos, a glicólise anaeróbia também será exigida para a produção de energia. Em atividades intermitentes, se o intervalo de recuperação pós-esforço tiver uma duração menor que poucos minutos, como ocorre com a maioria dos esportes coletivos, os estoques de ATP/CP poderão ser parcialmente recompostos antes do início do próximo esforço, resultando no comprometimento do desempenho para as sucessivas ações motoras durante os jogos³¹.

Ao levar em consideração todas as modalidades em conjunto, foi possível discriminar as variáveis que mais respondem pela variância total, explicando desta maneira o conjunto de variáveis mais importantes para modalidades esportivas coletivas. No caso do presente estudo foram identificados três componentes principais, considerando os autovalores acima de 1, sugerindo desta maneira três dimensões importantes para as modalidades estudadas, uma associada a atributos de força de membros inferiores, outra à dimensão corporal (Peso, Estatura e % MM) e a última associada a capacidade aeróbia, todos atributos considerados de grande importância em modalidades esportivas coletivas como Basquetebol, Futsal, Handebol e Voleibol (Tabela 3)

Podemos admitir então, por meio da análise dos resultados dos componentes principais, a necessidade de entender que, mesmo apresentando algumas características semelhantes do ponto de vista físico, cada desporto possui características fisiológicas e neuromusculares próprias, sendo fundamental conhecê-las, com o objetivo de contribuir para a melhor identificação e seleção de talentos esportivos assim como na elaboração, planejamento, controle do treinamento, deste modo, devido a complexidade de atributos existentes no desempenho das modalidades estudadas, a utilidade das análises multivariadas é reforçada, como sendo uma técnica robusta, onde se pode extrair informações acerca das características dos esportistas envolvidos, além de demonstrar que o sucesso esportivo está relacionado com a interação de múltiplas variáveis em vez de um número limitado de variáveis. Segundo Moreira *et al.*¹⁷, a utilização da análise multivariada permite uma análise com maior robustez do conjunto, justamente por levar em consideração as possíveis relações existentes entre as variáveis, sendo de grande importância para o melhor entendimento da complexidade envolvida no desempenho físico de atletas, tanto na formação, quanto no alto rendimento, se comparada a análises univariadas geralmente utilizadas, que por terem sua eficácia diminuída não consideram essas possíveis relações.

A principal limitação do presente estudo refere-se à ausência de indicadores da dimensão técnica, tática e psicológica que também poderiam responder por boa parte da variância total e desta maneira explicar em parte o sucesso em modalidades esportivas coletivas. Sendo assim, futuros estudos que façam uso da análise dos componentes

principais levando em consideração outros aspectos relevantes para o sucesso esportivo como aspectos técnicos, táticos e psicológicos nas mais diversas modalidades coletivas poderão fornecer informações importantes para a melhor seleção e prescrição de treinamento para jovens atletas.

Conclusão

A utilização da ACP demonstrou ser bastante útil no sentido de sintetizar o conjunto original de variáveis em um conjunto substancialmente menor de variáveis que contem a maior parte da informação do conjunto original discriminando suficientemente os componentes físicos em diferentes dimensões. As variáveis que fazem parte de componentes físicos que mais contribuíram para a formação dos componentes vão ao encontro com os principais atributos específicos das modalidades esportivas coletivas estudadas, com maiores cargas referente à capacidade de saltos, agilidade e velocidade para modalidades esportivas coletivas estudadas, e um menor percentual de explicação da variância para o componente de aptidão aeróbia, demonstrando ser uma variável física que possa contribuir de menor forma com a variação no desempenho físico de atletas destas modalidades.

Referências:

1. Menezes RP, Marques RFR, Nunomura M. Especialização esportiva precoce e o ensino dos jogos coletivos de invasão. *Movimento*. 2014; 20: 351-373.
2. Williams AM, Reilly T. Talent identification and development in soccer. *J Sports Sci*. 2000; 18: 657-667.
3. Etchepare LS, Pereira EF, Villis JMC, Zinn JL. Perfil físico de atletas de orientação. *Revista da Educação Física UEM*. 2003; 14: 65-71.
4. Weineck J. *Treinamento ideal*. 9. ed. São Paulo (SP): Manole; 1999
5. Taylor JB, Wright AA, Dischiavi SL, Townsend MA, Marmon AR. Activity demands during multi-directional team sports: a systematic review. *Sports Med*. 2017; 12: 2533-2551.
6. Bradley PS, Di Mascio M, Peart D, Olsen P, Sheldon B. High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *J Strength Cond Res*. 2010; 9: 2343-2351.
7. Gabbett TJ, Mulvey MJ. Time-motion analysis of small-sided training games and competition in elite women soccer players. *J Strength Con Res*. 2008; 2: 543-552.
8. Matthew D, Delextrat A. Heart rate, blood lactate concentration, and time-motion analysis of female basketball players during competition. *J Sports Sci*. 2009; 8: 813-821.
9. Scanlan A, Dascombe B, Reaburn P. A comparison of the activity demands of elite and sub-elite Australian men's basketball competition. *J Sports Sci*. 2011; 11: 1153-1160.
10. Póvoas SC, Ascensão AA, Magalhães J, Seabra AF, Krstrup P, Soares JM, Rebelo NA. Physiological demands of elite team handball with special reference to playing position. *J Strength Cond Res*. 2014; 2: 430-442.
11. Gorostiaga EM, Llodio I, Ibáñez J, Granados C, Navarro I, Ruesta M, Bonnbau H, Izquierdo M. Differences in physical fitness among indoor and outdoor elite male soccer players. *Eur J Appl Physiol*. 2009; 4: 483-491.
12. Castagna C, D'Ottavio S, Granada Vera J, Barbero-Alvarez JC. Match demands of professional futsal: a case study. *J Sci Med Sport*. 2009; 4: 490-494.
13. Barbero-Alvarez JC, D'Ottavio S, Granda J, Castagna C. Aerobic fitness in futsal players of different competitive level. *J Strength Cond Res*. 2009; 23: 2163-2166.
14. Ikeda Y, Sasaki Y, Harmano R. factors influencing spike jump height in female college volleyball players. *J Strength Cond Res*. 2018; 1: 267-273.
15. Sattler T, Sekulic D, Esco MR, Mahmutovic I, Hadzic V. Analysis of the association between isokinetic strength with offensive and defensive jumping capacity in high-level female volleyball athletes. *J Sci Med Sport*. 2015; 5: 613-618.
16. Peña J, Moreno-Doutres D, Coma J, Cook M, Buscà B. Anthropometric and fitness profile of high-level basketball, handball and volleyball players. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2018; 1: 30-35.
17. Moreira A, Mortatti, AL, Gomes JH, Paes FO, Jeleilati, DM. Monitoramento no Basquetebol: a utilização da análise

dos componentes principais. Revista da Educação física UEM. 2009; 20: 51-59.

18. Bosco C, Luhtanen P, Komi P. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. Eur J Appl Physiol. Occup Physiol 1983; 50: 273–282.

19. Gaya A, Silva GG. PROESP-BR: Manual de aplicação de medidas e testes, normas e critérios de avaliação. Porto Alegre (RS); 2007.

20. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20-meter shuttle run test for aerobic fitness. J Sports Sci. 1998; 6: 93-101.

21. Bartlett MS. A note on the multiplying factors for various chi square approximations. J R Stat Soc. 1954; 16: 296-298

22. Tillman MD, Hass CJ, Brunt D, Bennett GR. Jumping and landing techniques in elite women's volleyball. J Sports Sci Med. 2004; 1: 30-36.

23. Ben Abdelkrim N, El Fazaa S, El Ati J. Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-years-old basketball players during competition. Br J Sports Med. 2007; 2: 69-75.

24. Conte D, Favero TG, Lupo C, Francioni FM, Capranica L, Tessitore A. Time-motion analysis of Italian elite women's basketball games: individual and team analyses. A Strength Cond Res. 2015; 1: 144-150.

25. Piucco T, Santos SG. Relação entre percentual de gordura corporal, desempenho no salto vertical e impacto nos membros inferiores em atletas de voleibol. Fit Perf J. 2009; 8: 9-15.

26. Ugrinowitsch C, Barbanti VJ. O ciclo de alongamento e encurtamento e a “performance” no salto vertical. Revista Paulista de Educação Física e Esporte. 1998; 12: 85-94.

27. Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. Sports Med. 2005; 35:1025-1044.

28. Dogramaci SN, Watsford ML, Murphy AJ. Time-motion analysis of international and national level futsal. J Strength Cond Res. 2011; 3: 646-651.

29. Barbanti VJ. Treinamento físico: bases científicas. São Paulo (SP): CRL Baileiro; 1996.

30. Ferreira RA. Demandas fisiológicas do Handebol. Revista Mackenzie. 2010; 9: 73- 82.

31. Tomlin DL, Wenger HA. “The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise”. Sports Med. 2001; 31: 1-11.