

# Biomecânica dos fundamentos do voleibol: saque e ataque

**NELSON KAUTZNER MARQUES JUNIOR**

Master en Ciencias de la Motricidad Humana

Investigador Independiente, Brasil

Contacto: kautzner123456789junior@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7491-3855

Recibido: 25/02/2019

Aprobado: 02/06/2019

DOI: <https://doi.org/10.28997/ruefd.v0i12.3>

## Resumo

O estudo sobre a biomecânica dos fundamentos do voleibol é importante para o treinador entender as respostas cinemáticas e cinéticas dessas técnicas esportivas. O objetivo da revisão foi apresentar as pesquisas da biomecânica sobre o saque e o ataque do voleibol. O saque em suspensão e o ataque possuem fases similares durante a sua execução (corrida de aproximação, impulsão, voo e queda). Nessa revisão foram apresentados os aspectos cinemáticos e cinéticos dessas fases do saque em suspensão e do ataque. Em conclusão, a biomecânica merece ser utilizada durante as sessões do treino com o intuito de proporcionar um incremento na execução do saque em suspensão e do ataque.

**Palavras chave:** Voleibol; Biomecânica; Cinética; Cinemática; Ataque; Saque.

## Biomecánica de las habilidades del voleibol: saque y ataque

### Resumen

El estudio sobre la biomecánica de las habilidades del voleibol es importante para el entrenador entender las respuestas cinemáticas y cinéticas de esas técnicas deportivas. El objetivo de la revisión fue presentar las investigaciones de la biomecánica sobre el saque y el ataque del voleibol. El saque en suspensión y el ataque tienen fases similares durante su ejecución (carrera de aproximación, impulsión, vuelo y caída). En esta revisión se presentaron los aspectos cinemáticos y cinéticos de esas fases del saque en suspensión y del ataque. En conclusión, la biomecánica merece ser utilizada durante las sesiones del entrenamiento con el propósito de proporcionar un incremento en la ejecución del saque en suspensión y del ataque.

**Palabras clave:** Voleibol; Biomecánica; Cinética; Cinemática; Ataque; Saque.

## Introdução

As pesquisas da biomecânica evoluíram a partir dos anos 50 (Granell & Cervera, 2001) no momento do período científico do treina-

mento esportivo (2000). Inicialmente as investigações eram concentradas na aviação e no aspecto militar, nas questões da medicina e no avanço da



tecnologia especial. Aos poucos, os estudos da biomecânica começaram a ser frequentes no esporte de alto rendimento.

Nos anos 70 a nomenclatura biomecânica foi estabelecida para essa ciência que analisa o movimento humano (Hall, 1993). A biomecânica estuda a ação do corpo humano embasada na mecânica e na matemática, também utiliza a anatomia, a fisiologia e a antropometria para compreender a motricidade de maneira mais aprofundada (Fernandez, 2010). No esporte de alto rendimento a biomecânica investiga a qualidade da técnica esportiva, determina com atua a força interna e externa durante o movimento da modalidade e identifica as causas das lesões das ações competitivas e orienta como o treinador deve trabalhar com o atleta para essas contusões diminuírem ou terminarem (Amadio & Serrão, 2011).

No voleibol o estudo da biomecânica possui um desses objetivos, ou seja, melhorar a técnica do fundamento, verificar como atua a força interna e externa durante a execução do fundamento e detectar a causa das lesões dos fundamentos e como reduzir ou acabar com esse inconveniente no atleta (Marques Junior, 2012). Os fundamentos do voleibol são seis (saque, passe, levantamento, ataque, bloqueio e defesa), eles atuam com objetivos distintos (Marques Junior, 2018) e suas ações não são iguais e isso ocasiona uma resposta biomecânica diferente durante a partida (Deprá & Brenzikofer, 2004; Zatsiorsky, 2004). Logo, o estudo sobre a biomecânica dos fundamentos do voleibol é uma tarefa relevante para o treinador entender as respostas cinemáticas e cinéticas durante a execução de cada uma dessas técnicas esportivas.

O saque tem intuito de fazer um ponto ou de dificultar a recepção do adversário (Marques Junior, 2013). O ataque é o fundamento mais determinante na vitória do voleibol e tem o objetivo de causar um ponto ou de dificultar a ação do sistema defensivo (Cieminski, 2017). Esses dois fundamentos

são muito importante para alta performance do voleibol atual, merecendo ser investigados pela biomecânica.

Quais são os principais aspectos cinemáticos e cinéticos do saque e do ataque do voleibol que foram investigados?

A literatura do voleibol possui pouca informação sobre esse tema porque já foram publicadas a muito tempo (Marques Junior, 2001; Shalmanov, 1998). Então, o objetivo da revisão foi apresentar as pesquisas da biomecânica sobre o saque e o ataque do voleibol.

### Aspectos biomecânicos do saque e do ataque

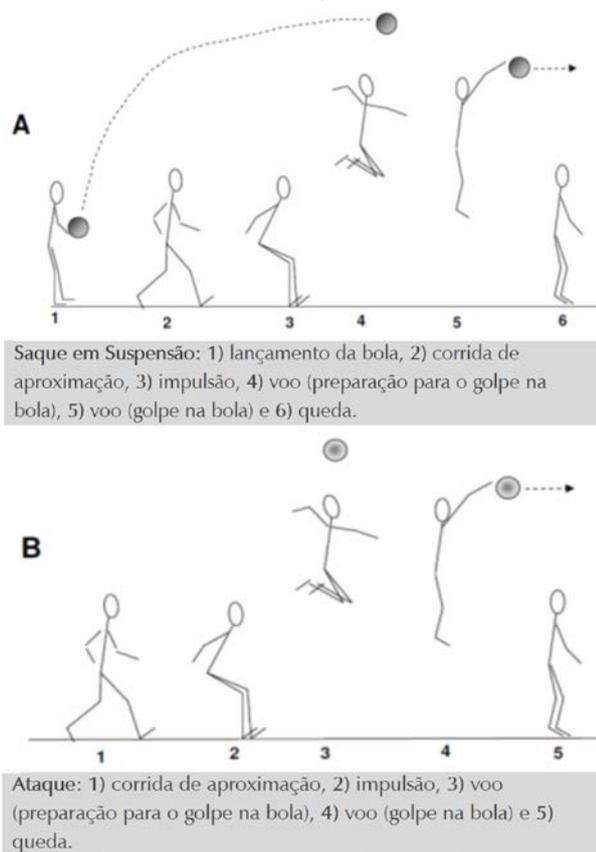
Os estudos sobre a biomecânica do saque e do ataque do voleibol foram selecionados na base de dados do Google Acadêmico e do Research Gate através da palavra chave *biomechanics of the volleyball*.

O saque do voleibol é a primeira tarefa ofensiva desse esporte e o ataque é o fundamento mais determinante para uma equipe atingir a vitória (Marques Junior, 2013). Portanto, os fundamentos que pontuam possuem uma alta correlação com a vitória no voleibol (Oliveira, Vaz, Pastore & João, 2018).

O saque em suspensão e o ataque possuem fases similares durante a sua execução, sendo a corrida de aproximação ou passada, a impulsão, o voo (preparação para o golpe na bola e golpe na bola) e queda (Barbanti, 2010). Como esses dois fundamentos possuem os mesmos momentos da execução, os resultados dos estudos vão ser apresentados na mesma ordem. A figura 1 ilustra essas explicações.



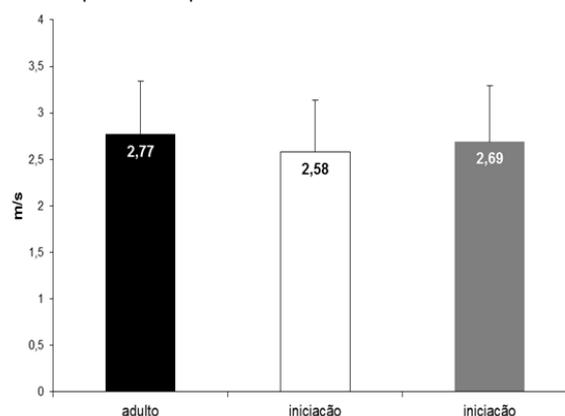
Figura 1. Fases de execução do (A) saque em suspensão e do (B) ataque



A corrida de aproximação ou passada do saque em suspensão e do ataque é muito importante porque uma alta velocidade horizontal nessa tarefa ocasiona em um salto mais elevado, podendo ser vertical ou oblíquo (Vint & Hinrichs, 1996).

O saque em suspensão o voleibolista merece lançar a bola para o ar e a média da altura da bola costuma ser de 2,5 metros (m) e em seguida inicia a corrida de aproximação (Deprá & Brenzikofer, 2004). A distância da corrida de aproximação do saque em suspensão dos atletas adultos é de  $3,37 \pm 0,32$  m e dos jogadores da iniciação foi de  $2,79 \pm 0,73$  a  $3,47 \pm 0,66$  m (Ajesh & Monoj, 2017). Os mesmos autores identificaram uma velocidade horizontal da corrida de aproximação de  $2,77 \pm 0,57$  metros por segundo (m/s) para os adultos e de  $2,58 \pm 0,56$  a  $2,69 \pm 0,60$  m/s para os jogadores da iniciação. A figura 2 apresenta esse resultado.

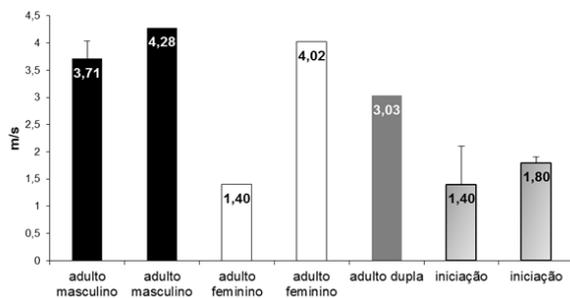
Figura 2. Velocidade horizontal da corrida de aproximação durante o saque em suspensão



A corrida de aproximação difere conforme o tipo de ataque efetuado (American Volleyball Coaches Association, 1997). Quando o ataque é de bola rápida a corrida de aproximação é no mesmo momento que a bola sai da mão do levantador. Mas se o ataque for de bola alta ou meia bola, o atleta merece esperar alguns centésimos para iniciar a corrida de aproximação. Esse procedimento das passadas conforme o tipo de ataque tem o intuito do voleibolista golpear a bola no tempo certo (tempo de bola) para gerar um ataque potente.

Segundo Valades, Palao, Manuel e Frutos (2013a), a corrida de aproximação do ataque costuma possuir velocidade horizontal submáxima de 50 a 60% da velocidade máxima. A velocidade horizontal da corrida de aproximação do ataque dos jogadores adultos masculinos é de  $3,71 \pm 0,33$  a  $4,28$  m/s (Valades, Palao, Femia, Padial & Ureña, 2004; Wagner, Tilp, Duvillard & Mueller, 2009), 1,40 a 4,02 para mulheres (Bermejo, Palao & Valades, 2013) e  $1,40 \pm 0,70$  a  $1,80 \pm 0,10$  para atletas iniciantes (Macha e Graziano, 2012). Os jogadores do voleibol de dupla na areia atacando na distância de 3 m da rede efetuam a corrida de aproximação de 3,03 m/s (Mehanni, 2012). A figura 3 apresenta esses dados da cinemática linear do ataque.

Figura 3. Velocidade horizontal da corrida de aproximação do ataque



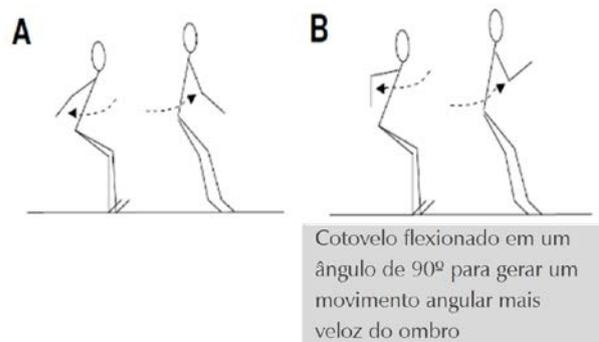
A segunda fase do saque em suspensão e do ataque o jogador de voleibol merece aproveitar a alta velocidade horizontal para gerar uma máxima velocidade vertical que resultará em uma ótima impulsão (Valades et al., 2004). A alta velocidade vertical ocorre também por causa da 3ª Lei de Newton (ação e reação), o atleta bate forte no solo com o calcanhar do tênis da perna de impulsão estando com o tornozelo em dorsiflexão (Elvin, Elvin & Arnoczky, 2007; Valades, 2005). Imediatamente a perna de elevação dá um passo e chega ao lado da perna de impulsão para iniciar a elevação do centro de gravidade do solo e o tornozelo realiza uma veloz flexão plantar com extensão das demais articulações (joelho, quadril e coluna vertebral) para continuar a alta velocidade vertical que vai propiciar uma ótima impulsão (Shalmanov, 1998). No voleibol na areia difere ao da quadra, ocorre mínima flexão plantar e dessa maneira essa ação se acentua até o jogador perder o contato com a areia fofa, sendo realizado com rapidez para gerar uma alta velocidade vertical e ocasionar uma ótima impulsão (Giatsis, Panoutsakopoulos & Kollias, 2018).

Então, quanto maior for essa velocidade vertical gerada pelos membros inferiores na fase de impulsão, maior será a altura do salto na fase de voo (Valades et al., 2013a).

Durante a impulsão do saque em suspensão e do ataque acontece o contramovimento dos membros inferiores onde ocorre acúmulo de energia potencial elástica que imediatamente é convertida em

energia cinética porque o jogador de voleibol faz veloz extensão dos membros inferiores no momento da impulsão (Komi, 1984). Quando o jogador de voleibol está fazendo a impulsão acontece o balanceio dos braços para proporcionar em um salto mais elevado (Kim, 2017). Porém, para o balanceio dos braços ser mais veloz e talvez ocasionar um salto mais elevado (Marques Junior, 2012b), o voleibolista merece fazer extensão e flexão do ombro com o cotovelo flexionado em 90° quando faz o balanceio dos braços porque ocasiona um menor momento de inércia e conseqüentemente resulta em um movimento angular do ombro mais veloz (Zatsiorsky, 2004). A figura 4 apresenta o balanceio dos braços.

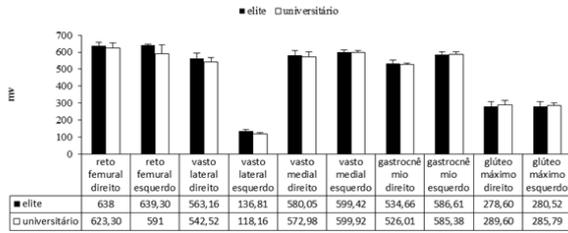
Figura 4. (A) Balanceio dos braços tradicional do voleibol e (B) balanceio dos braços com menor momento de inércia



A velocidade vertical da impulsão do saque em suspensão de jogadores adultos foi de 3,65 m/s (Alexander & Honish, 2009). A exigência dos músculos durante a impulsão do saque em suspensão difere entre jogadores do voleibol de elite e universitários, isso foi detectado pela eletromiografia (EMG) durante a contração muscular máxima que foi mensurada em microvolt (mv) (Yadav & Mukherjee, 2015). A figura 5 apresenta esses resultados. Repare que os voleibolistas de elite tiveram valores maiores da contração muscular, esse é um dos motivos da maior altura do salto durante o saque em suspensão.

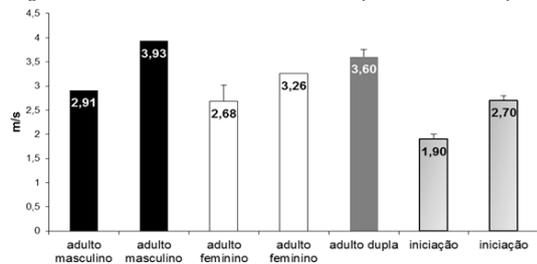


Figura 5. Contração muscular em mv durante a impulsão do saque em suspensão



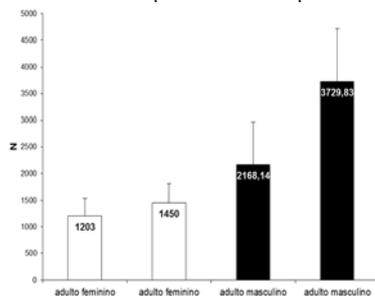
A velocidade vertical da impulsão do ataque dos voleibolistas adultos masculinos foi de 2,91 a 3,93 (Coleman, Benham & Northcott, 1993; Kuhlmann, Roemer & Milani, 2007; Valades, Palao & Bermejo, 2013; Zahalka, Maly, Mala, Ejem & Zawartka, 2017), das mulheres foi de 2,68±0,34 a 3,26 m/s (Castro, Cabezas, Grigoletto, Baena & 2,70±0,10 m/s (Macha & Graziano, 2012) e para os jogadores de dupla na areia foi de 3,60±0,16 m/s (Tilp, Wagner & Müller, 2008). A figura 6 mostra esses resultados.

Figura 6. Velocidade vertical da impulsão do ataque



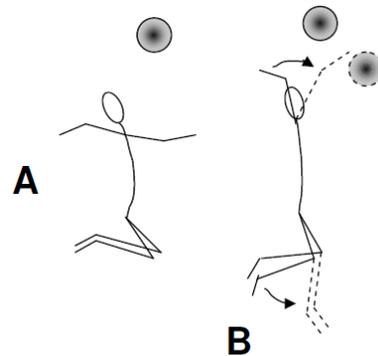
O pico de força da velocidade vertical durante a impulsão do ataque foi de 1203±333 a 1450±351 Newton (N) para mulheres (Coutts, 1982) e os homens obtiveram valores de 2168,14±799,63 a 3729,83±989,70 N (Singh & Singh, 2014). A figura 7 mostra esses valores.

Figura 7. Pico de força da velocidade vertical dos membros inferiores no momento da impulsão do ataque



A terceira fase do saque em suspensão e do ataque praticado pelo voleibolista ocorre a etapa de voo, acontecendo a preparação do golpe na bola e o golpe na mesma (Barbanti, 2010). A preparação para o golpe na bola o voleibolista realiza uma rotação seguida de uma hiperextensão da coluna vertebral, o joelho fica semiflexionado e o braço de golpe na bola permanece com o cotovelo semiflexionado e o ombro em abdução, enquanto que o outro membro superior atua no equilíbrio do ar do atleta sem um padrão de movimento (Marques Junior, 2016). Em seguida, no momento do golpe na bola o voleibolista efetua a rotação interna do ombro seguido da extensão do mesmo e acontece ao mesmo tempo extensão do cotovelo, acompanhado da rotação da coluna vertebral seguido da flexão da mesma, todas essas ações permitem o golpe da mão na bola (Coleman et al., 1993). Os membros inferiores também atuam durante o golpe na bola, acontece um potente chute, onde é realizada a extensão do joelho e uma ligeira flexão do quadril. A figura 8 ilustra essas explicações.

Figura 8. (A) Preparação para o golpe na bola e (B) golpe na mesma



Momento angular (**H**) é a quantidade de movimento angular presente em um corpo que é afetado pela massa (**m**), pela distribuição da massa em relação ao eixo de rotação – é o raio (**k**) e pela velocidade angular do corpo (**ω**) (Hall, 1993). O momento angular pode ser calculado pela seguinte equação:  $H = m \text{ em quilogramas} \cdot (k \text{ em metros}) \cdot \omega \text{ em radianos por segundo} = ? \text{ kg.m}^2/\text{s}$ . Portanto, durante o saque em suspensão e no momento do

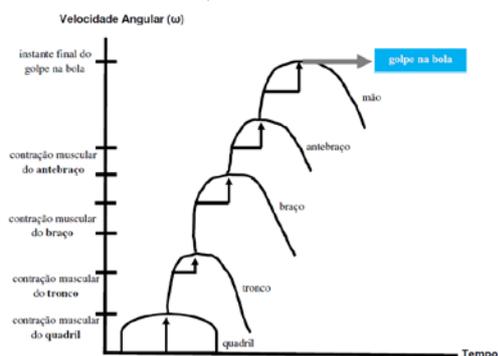
ataque está presente o momento angular (Valades et al., 2013).

Quando o voleibolista efetua o golpe na bola acontece a conservação do momento angular, como o membro superior realiza uma rotação em alta velocidade para a mão do jogador efetuar a cortada, em sentido oposto os membros inferiores mais pesados do que o membro superior de golpe na bola praticam uma rotação com menor velocidade angular que compensa o momento angular do braço da cortada (Okuno & Fratin, 2003).

Essa conservação do momento angular proporciona uma cadeia cinética sequencial das articulações envolvidas no golpe na bola (Valades et al., 2013a). Então, a velocidade angular de cada articulação envolvida no golpe na bola irá aumentar sequencialmente do quadril para a mão, ou seja, iniciará com uma alta velocidade angular no quadril com valores menores do que as outras articulações porque irá aumentando ainda mais a velocidade angular até chegar na mão quando acontecerá o golpe na bola (Valades et al., 2004).

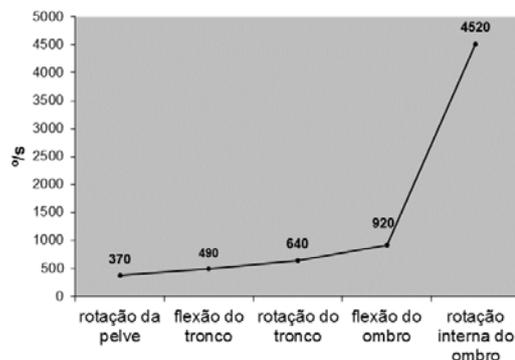
A velocidade que a mão transmite durante o golpe na bola depende de 46% da extensão do cotovelo, 20,5% da rotação do ombro, 14,5% da rotação do tronco, 7,5% do deslocamento para a frente do centro de gravidade durante o salto, 5,5% da flexão do punho e 6% depende de outros fatores (Valades, 2005). A figura 9 apresenta a cadeia cinética sequencial do golpe na bola.

Figura 9. Velocidade angular durante a cadeia cinética sequencial do golpe na bola do saque em suspensão e do ataque (adaptado de Valades et al., 2004)



A velocidade angular sequencial foi evidenciada em graus por segundo ( $^{\circ}/s$ ) durante o golpe na bola do experimento de Wagner, Pfusterschmied, Tilp, Landlinger, von Duvillard e Müller (2014). Repare na figura 10 que a velocidade angular foi aumentando de articulação para articulação.

Figura 10. Velocidade angular sequencial durante o golpe na bola



A velocidade linear em m/s durante o golpe na bola das articulações envolvidas no tipo de saque diferem os valores de jogadores masculinos (Alexander & Honish, 2009; Hussain, Khan & Mohammad, 2011), femininos (Charalabos, Savvs, Sophia & Theodoros, 2013; Hirunrat & Ingkatecha, 2015) e da iniciação (Hirunrat & Ingkatecha, 2015; Luhtanen, 1988). A tabela 2 apresenta esses resultados.

Tabela 2. Velocidade linear em m/s durante o golpe na bola de algumas articulações conforme o tipo de saque

Saque	Adulto Masculino	Adulto Feminino	Iniciação
Tênis Flutuante	-	-	5,7 $\pm$ 1,4 a 9,7 $\pm$ 1,2 (mão)
Suspensão Flutuante	-	13,35 $\pm$ 0,53 (mão)	-
		10,88 $\pm$ 0,8 (punho)	
		5,12 $\pm$ 0,31 (cotovelo)	
		2,95 $\pm$ 0,22 (ombro)	
Suspensão Forte	11,05 $\pm$ 0,50 a 16,1 (mão)	14,75 $\pm$ 0,44 (mão)	13,6 a 19,7 (mão)
		11,82 $\pm$ 0,39 (punho)	
		6,08 $\pm$ 0,26 (cotovelo)	
		1,89 $\pm$ 1,05 a 3,42 $\pm$ 0,27 (ombro)	

A velocidade linear da bola em m/s do serviço teve resultados diferentes para os jogadores masculinos (Ajesh & Monoj, 2017; Alexander & Honish, 2009; Hussain et al., 2011; MacKenzie, Kortegaard, Le Vangie & Barro, 2012; Suárez, Carmona, Otero & Vélez, 2009), femininos (Charalabos et al., 2013; Palao & Valades, 2014; Reeser, Fleisig, Bolt & Ruan,



2010), da iniciação (Ajesh & Monoj, 2017; Luhtanen, 1988; Suárez et al., 2009) e de voleibolistas de dupla na areia (Palao & Valades, 2014b). A tabela 3 expõe esses valores.

Tabela 3. Velocidade linear em m/s da bola conforme o tipo de saque

Saque	Adulto Masculino	Adulto Feminino	Adulto Dupla	Iniciação
Tênis Flutuante	13,68 a 25,4	14,86	11 a 12	7,4 a 17,9
Suspensão Flutuante	15,39 a 19,7	14,1±1,4 a 14,8	11,61 a 12,88	16,7 a 17,55
Suspensão Forte	21,06 a 24,42	15,5 a 21,94	16,38 a 17,61	15,80±2,15 a 20,93±1,78

Baseado em McArdle, Katch e Katch (2011) os resultados da velocidade da bola em m/s do saque da tabela 3 foram convertidos para quilômetros por hora (km/h), o valor em m/s foi multiplicado por 3,6. A tabela 4 apresenta esses dados.

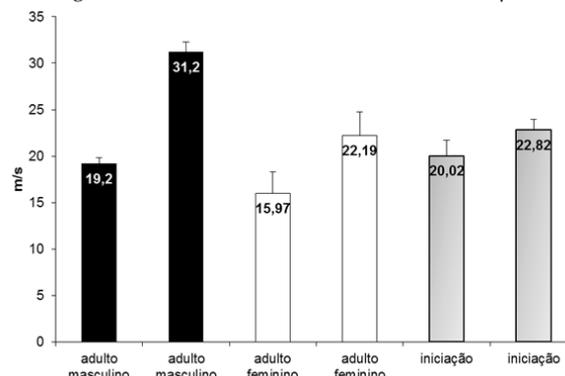
Tabela 4. Velocidade linear em km/h da bola conforme o tipo de saque

Saque	Adulto Masculino	Adulto Feminino	Adulto Dupla	Iniciação
Tênis Flutuante	49,24 a 91,44	53,49	39,6 a 43,6	26,64 a 64,44
Suspensão Flutuante	55,40 a 70,92	50,76 a 53,28	41,8 a 46,4	60,12 a 63,18
Suspensão Forte	75,81 a 87,92	55,8 a 78,98	59 a 63,4	56,88 a 75,34

A preparação para o golpe na bola do ataque teve uma velocidade linear de 2,79 m/s e o golpe na bola foi realizado com uma velocidade linear de 1,52 m/s (Mehanni, 2012). A velocidade angular da rotação interna do ombro durante o golpe do ataque foi de  $2594 \pm 772^\circ/s$  e da extensão do cotovelo durante esse mesmo momento ocasionou uma velocidade angular de  $1666 \pm 205^\circ/s$  (Reeser et al., 2010). A velocidade angular do braço durante o ataque com a velocidade linear da bola atacada teve uma correlação Pearson de 0,75 com diferença estatística ( $p \leq 0,01$ , Coleman et al., 1993), sendo um r moderado (Pompeu 2006). Após o golpe na bola do ataque esse implemento atingiu uma velocidade linear de  $19,2 \pm 0,6$  a  $31,2 \pm 1,1$  m/s para homens (Coleman et al., 1993; Valades et al., 2013),  $15,97 \pm 2,36$  a  $22,19 \pm 2,54$  m/s para as mulheres (Brown, Alsarraf, Walter, Eisenman & Little, 2014; Seminati, Marzari, Vacondio & Minetti, 2015) e  $20,02 \pm 1,72$  a  $22,82 \pm 1,12$  m/s para a iniciação

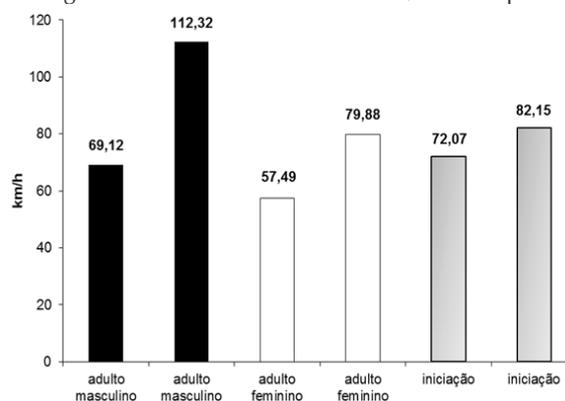
(Singh & Singh, 2013). A figura 11 ilustra esse resultado.

Figura 11. Velocidade linear em m/s do ataque



Passando os dados da velocidade linear em m/s do ataque para km/h conforme ensinado por McArdle et al. (2011), fica da seguinte maneira:

Figura 12. Velocidade linear em km/h do ataque



A última fase do saque em suspensão e do ataque acontece a queda, não sendo encontrado nenhum estudo sobre esse tema referente a cinemática e a cinética.

## Discussão

A velocidade horizontal da corrida de aproximação do saque em suspensão do voleibol adulto foi de  $2,77 \pm 0,57$  m/s (Ajesh & Monoj, 2017). Enquanto que no ataque a velocidade horizontal da corrida de aproximação do voleibolista adulto masculino foi de  $3,71 \pm 0,33$  a  $4,28$  m/s (Valades et al., 2004; Wagner et al., 2009). Portanto, no ataque a velocidade horizontal foi muito superior. Talvez isso aconteça porque o voleibolista merece imprimir

alta velocidade horizontal na corrida de aproximação para realizar um salto com maior elevação do centro de gravidade com o intuito do golpe na bola ser em máxima altura (American Volleyball Coaches Association, 1997). Logo, existe uma relação entre velocidade horizontal e altura do salto vertical (Kale Asci, Bayrak & Acikada, 2009), mas com uma correlação ( $r$ ) baixa de 0,55 e 0,56 ( $p \leq 0,05$ ) (Pompeu, 2006). Mas a relação entre força dos membros inferiores e altura do salto o  $r$  foi moderado, sendo 0,78 (Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones & Hoff, 2004).

Outro resultado interessante foi a velocidade horizontal do saque em suspensão ( $2,58 \pm 0,56$  a  $2,69 \pm 0,60$  m/s) (Ajesh & Monoj, 2017) e do ataque ( $1,40 \pm 0,70$  a  $1,80 \pm 0,10$  m/s) do voleibol da iniciação (Macha & Graziano, 2012). O ataque teve menor velocidade do que o saque em suspensão, mas a causa desse ocorrido não foi identificada na literatura de biomecânica do voleibol (Shalmanov, 1998).

Quanto maior for a velocidade vertical da impulsão ela resultará em uma ótima impulsão, podendo ser no saque em suspensão e no ataque (Valades et al., 2004). A velocidade vertical da impulsão do saque em suspensão dos voleibolistas adultos foi de 3,65 m/s (Alexander & Honish, 2009) e da impulsão do ataque do voleibol masculino foi de 2,91 a 3,93 m/s (Coleman et al., 1993; Kuhlmann et al., 2007; Valades et al., 2013; Zahalka et al., 2017). Entretanto, a velocidade vertical da impulsão difere conforme a técnica esportiva e de acordo com o gênero –  $0,98 \pm 0,12$  a  $1,07 \pm 0,14$  m/s da corrida de velocidade (Hunter, Marshall & McNair, 2005), 4,25 a 4,65 m/s no salto em altura masculino e 3,80 a 4,10 m/s no salto em altura feminino (Zatsiorsky, 2004) e na mesma ação esportiva ela não é igual se as modalidades forem diferentes –  $3,04 \pm 0,15$  m/s dos corredores velocistas e  $2,85 \pm 0,13$  m/s dos voleibolistas (Pupo, Detanico e Santos, 2012).

Então, torna-se interessante investigar a velocidade vertical do jogador de voleibol conforme o tipo de ataque (bola alta, bola de tempo, chutada etc), o somatótipo, a posição do atleta e de acordo com o predomínio do tipo de fibra muscular. Foi evidenciado que pessoas com menos de 40% de fibra rápida saltam 33,8 centímetros (cm) e indivíduos com mais de 60% de fibra rápida possuem salto vertical de 36,7 cm (Komi, 1984). Logo todas essas questões são temas de estudo para a biomecânica do voleibol.

O balanceio dos braços com menor momento de inércia merece ser realizado com o cotovelo flexionado em  $90^\circ$ , essa ação do saque em suspensão e do ataque acontece na segunda fase desses fundamentos no momento da impulsão (Zatsiorsky, 2004). Essas informações estão de acordo com a literatura de física, a diminuição do braço de resistência através da flexão do cotovelo proporciona um menor momento de inércia e consequentemente gera um movimento angular do ombro mais veloz (Baptista, 2006; Pintão, Souza Filho, Grandini & Hessel, 2001; Würz, 2012). Sabendo que o balanceio dos braços aumenta a altura do salto vertical (Gomes, Pereira, Freitas & Barela, 2009; Kim, 2017) e essa ação contribui em 10% com a elevação do centro de gravidade (Luhtanen & Komi, 1978) é necessário atenção nessa ação durante a impulsão do jogador de voleibol. Porém, o balanceio dos braços com menor momento de inércia durante o saque em suspensão e no momento do ataque merece ser estudado para detectar se aumenta mais a altura do salto vertical do voleibolista.

A velocidade linear da bola em m/s do voleibol adulto através do saque tipo tênis foi de 11 a 25,4 m/s, do saque em suspensão flutuante foi de 11,61 a 19,7 m/s e do saque em suspensão forte foi de 15,5 a 24,42 m/s (Ajesh & Monoj, 2017; Alexander & Honish, 2009; Charalabos et al., 2013; Hussain et al., 2011; MacKenzie et al., 2012; Palao & Valades, 2014; Reeser et al., 2010; Suárez et al., 2009).



Esses resultados da velocidade linear do saque foram inferiores ao exposto por Aguiar e Rubini (2004) com valor de 30 m/s. Talvez o tipo de bola usada no experimento dos autores da revisão pode ter interferido nisso porque a aerodinâmica da bola Mikasa difere da bola Molten (Asai, Ito, Seo & Hitotsubashi, 2010). Porém, as investigações não informaram a bola usada nesses estudos (Ajesh & Monoj, 2017; Alexander & Honish, 2009; Charalabos et al., 2013; Hussain et al., 2011; MacKenzie et al., 2012; Palao & Valades, 2014; Reeser et al., 2010; Suárez et al., 2009). Então isso foi uma limitação evidenciada nas pesquisas dessa revisão.

Atualmente a literatura do saque do voleibol vem tentando desenvolver novos serviços como o saque em suspensão com uma perna (Nikolovski, Matas & Draganic, 2004), o saque tipo tênis com gyaku zuki (Marques Junior, 2013b, 2015), o saque do voleibol com a técnica rotacional (Marques Junior, 2017) e o saque em suspensão com salto em distância (Marques Junior, 2015b). Contudo, os pesquisadores da biomecânica deveriam orientar aos atletas em usar mais o efeito Magnus no saque. Essa tarefa consiste da rotação da bola em torno do seu eixo e isso gera um efeito nesse implemento quando passa por uma corrente de ar (Fujiwara & Barros, 2010; Robinson & Robinson, 2013). Um saque que utilizou o efeito Magnus e teve muito sucesso na sua execução foi o "Jornada nas Estrelas" nos anos 80, o idealizador desse serviço realizava o saque girando a bola no sentido horário (Marques Junior, 2016b).

### Conclusões

O conhecimento dos aspectos cinemáticos e cinéticos das fases do ataque e do saque, embora a ênfase das informações foram sobre o saque em suspensão, isso permite ao treinador corrigir ou melhorar o fundamento do saque e do ataque. Também esse conhecimento pode ser uma "ferramenta" para detectar talentos do voleibol. Em conclusão, a biomecânica merece ser utilizada durante as sessões do

treino com o intuito de proporcionar um incremento na execução do saque em suspensão e do ataque.

*Esse artigo é dedicado a amável cachorra Fofão que faleceu em 2 de agosto de 2018 (\*10/02/2005 a †02/08/2018) e também a excelente cachorra Elza que morreu em 11 de fevereiro de 2017 (\*03/2004 a †11/02/2017).*



### Referências

- AGUIAR, C., & RUBINI, C. (2004). A aerodinâmica da bola de futebol. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 26(4), 297-306.
- AJESH, C. & MONOJ, T. (2017). A comparative study on selected kinematic variables of jump serve of national level male volleyball players. *International Journal in Mangement and Social Science*, 5(7), 33-39.
- ALEXANDER, M. & HONISH, A. (2009). An analysis of the volleyball jump serve. *Coach Info*, - (0), 1-10.
- ALMEIDA, H., ALMEIDA, D. & GOMES, A. (2000). Uma ótica evolutiva do treinamento desportivo através da história. *Revista Treinamento Desportivo*, 5(1), 40-52.
- AMADIO, A. & SERRÃO, J. (2011). A biomecânica em educação física e esporte. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 25(esp), 15-24.
- AMERICAN VOLLEYBALL COACHES ASSOCIATION (1997). *Coaching volleyball*. Chicago: Masters Press. p. 77-82.
- ASAI, T., ITO, S., SEO, K., & HITOTSUBASHI, A. (2010). Fundamental aerodynamics of a new volleyball. *Sports Technology*, 3(4), 235-239.
- BAPTISTA, J. (2006). Os princípios fundamentais ao longo da história da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 28(4), 541-553.



- BARBANTI, V. (2010). *Treinamento esportivo: as capacidades motoras dos esportistas*. Barueri: Manole. p. 179-181.
- BERMEJO, J., PALAO, J. & VALADES, D. (2013). Análisis del remate de voleibol en jugadoras de elite. *AGON*, 3(1), 22-32.
- BROWN, J., AISARRAF, B., WALTER, M., EISENMAN, P. & LITTLE, C. (2014). Rotational angles and velocities during down the line and diagonal across court volleyball spikes. *International Journal of Kinesiology and Sports Sciences*, 2(2), 1-8.
- CASTRO, J., CABEZAS, J., GRIGOLETTO, M., BAENA, A. & NAVAS, C. (2017). Caracterización cinemática 3D del gesto técnico del remate en jugadoras de voleibol. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 10(2), 69-73.
- CHARALABOS, I., SAVVAS, L., SOPHIA, P. & THEODOROS, I. (2013). Biomechanical differences between jump top spin serve and jump float serve of elite Greek female volleyball players. *Medicina Sportiva*, 9(2), 2083-2086.
- CIEMINSKI, K. (2017). The efficiency of executing depending on their positions on the court. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 9(3), 44-52.
- COLEMAN, S., BENHAM, A. & NORTHCOTT, S. (1993). A three-dimensional analysis of the volleyball spike. *Journal of Sports Sciences*, 11(4), 295-302.
- COUTTS, K. (1982) Kinetic differences of two volleyball jumping techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(1), 57-59.
- DEPRÁ, P. & BREZIKOFER, R. (2004). Comparação de atletas do voleibol através da análise cinemática e dinâmica de trajetórias de bolas de saque. *Revista da Educação Física/UEM*, 15(1), 7-15.
- ELVIN, N., ELVIN, A. & ARNOCZKY, S. (2007). Correlation between ground reaction force and tibial acceleration in vertical jumping. *Journal Applied Biomechanics*, 23(3), 180-189.
- FERNANDEZ, S. (2010). El sistema biomecánico. *Acción: revista cubana de la cultura física*, - (3), 3-6.
- FUJIWARA, R., & BARROS, A. (2010). Técnicas de cálculo numérico computacional para o ensino de física. *Brazilian Educational Technology: Research and Learning*, 1(1), 17-28.
- GIATSIS, G., PANOUTSAKOPOULOS, V. & KOLLIAS, I. (2018). Biomechanical differences of arm swing countermovement jump on sand and rigid Surface performed by elite beach volleyball players. *Journal of Sports Sciences*, 36(9), 997-1008.
- GOMES, M., PEREIRA, G., FREITAS, P., & BARELA, J. (2009). Características cinemáticas e cinéticas do salto vertical: comparação entre jogadores de futebol e basquetebol. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 11(4), 392-399.
- GRANELL, J. & CERVERA, V. (2001). *Teoria e planejamento do treinamento desportivo*. Porto Alegre: Artmed. p. 77.
- HALL, S. (1993). *Biomecânica básica*. Rio de Janeiro: Guanabara. p. 1.
- HIRUNRAT, S. & INGKATECHA, O. (2015). Kinematics and kinetics of jumping serve in youth national and national thai female volleyball players of Thailand. *International Journal of Sport and Exercise Science*, 7(1), 13-16.
- HUNTER, J., MARSHALL, R., & McNAIR, P. (2005). Relationship between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *Journal of Applied Biomechanics*, 21(1), 31-43.
- HUSSAIN, I., KHAN, A. & MOHAMMAD, A. (2011). A comparison of selected biomechanical parameters of spike serves between intervarsity and intercollegiate volleyball players. *Journal of Education Practice*, 2(2), 1-8.
- KALE, M., ASCI, A., BAYRAK, C., & AÇIKADA, C. (2009). Relationship among jumping performance and sprint parameters during maximum speed phase sprinters. *Journal Strength Conditioning Research*, 23(8), 2272-2279.



- KIM, S. (2017). Countermovement jump strategy changes with arm swing to modulate vertical force advantage. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 27(2), 141-147.
- KOMI, P. (1984). Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exercise Sports Science Review*, 12(1), 81-121.
- KUHLMANN, C., ROEMER, K. & MILANI, T. (2007). Aspects of a three dimensional motion analysis of the volleyball spike in high level competition. XXVI ISBS Symposium (p. 47-50). Ouro Preto, Brazil.
- LUHTANEN, P. (1988). Kinematics and kinetics of serve in volleyball at different age levels. In: WINTER, D., NORMAN, R., WELL, R., HAYES, K. & PATLA, A. *Biomechanics IX-B*. (p. 815-819). Champaign: Human Kinetics.
- LUHTANEN, P., & KOMI, P. (1978). Segmental contribution to forces in vertical jump. *European Journal of Applied Physiology*, 38(3), 181-188.
- MACHA, G. & GRAZIANO, A. (2012). Estudo da correlação entre a velocidade e a altura do centro de massa no remate no voleibol. *Revista Mineira de Educação Física*, esp(1), 273-283.
- MACKENZIE, S., KORTEGAARD, K., LEVANGIE, M. & BARRO, B. (2012). Evaluation of two methods of the jump float serve in volleyball. *Journal of Applied of Biomechanics*, 28(5), 579-586.
- MARQUES JUNIOR, N. (2001). *Voleibol: biomecânica e musculação aplicadas*. Rio de Janeiro: GPS. p. 13-5.
- MARQUES JUNIOR, N. (2012). Biomecánica aplicada a la locomoción y el salto en el voleibol. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 17(171), 1-23.
- MARQUES JUNIOR, N. (2012b). Balanceio dos braços na cortada do voleibol. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 17(175), 1-6.
- MARQUES JUNIOR, N. (2013). Evidências científicas sobre os fundamentos do voleibol. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 7(37), 78-97.
- MARQUES JUNIOR, N. (2013b). Sugestão do saque tipo tênis com gyaku zuki do karatê shotokan. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 18(185), 1-16.
- MARQUES JUNIOR, N. (2015). Saque tipo tênis com conteúdo da biomecânica: teoria para futura pesquisa. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 20(207), 1-10.
- MARQUES JUNIOR, N. (2015b). Saque em suspensão com salto em distância. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 20(211), 1-12.
- MARQUES JUNIOR, N. (2016). Análise cinesiológica dos fundamentos do voleibol: conteúdo para prescrever o treino neuromuscular – força e flexibilidade. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 10(57), 155-191.
- MARQUES JUNIOR, N. (2016b). Análise biomecânica e cinesiológica do saque “Jornada nas Estrelas”. *Revista Observatorio del Deporte*, 2(3), 69-82.
- MARQUES JUNIOR, N. (2017). A continuação de um estudo teórico sobre o saque do voleibol com a técnica rotacional. *Revista Inclusiones*, 4(especial), 118-129.
- MARQUES JUNIOR, N. (2018). Specific periodization for the volleyball: a training organization. *MOJ Sports Medicine*, 2(3), 108-111.
- McARDLE, W., KATCH, F. & KATCH, V. (2011). *Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara.
- MEHANNI, A. (2012). Kinematic analysis of running up and strike stages of overwhelming strike skill at beach volleyball games as a standard to selected the striker. *World Journal of Sports Sciences*, 6(2), 157-161.
- NIKOLOVSKI, Z., MATAS, X., & DRAGANIC, B. (2004). Sacar atacando em voleibol: saque con salto sobre un pie. *Apunts*, -(76), 59-63.
- OKUNO, F. & FRATIN, L. (2003). *Desvendando a física do corpo humano: biomecânica*. Barueri: Manole. p. 88-92.



- OLIVEIRA, A., VAZ, L., PASTORE, J. & JOÃO, P. (2018). Discriminate scoring skills and non-scoring skills according to results in the Brazilian men`s volleyball SuperLeague. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 7(1), 73-79.
- PALAO, J. & VALADES (2014). Normative profile for serve speed the training of the serve and reception in volleyball. *Sport Journal*, 53(-), 1-9.
- PALAO, J. & VALADES (2014b). Serve speed peaks in FIVB World Tour beach volleyball (2005-2012). *Acta Kinesiologica*, 8(2), 7-10.
- PINTÃO, C., SOUZA FILHO, M., GRANDINI, C., & HESSEL, R. (2001). Medida do momento de inércia de um disco. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 23(1), 48-52.
- POMPEU, F. (2006). *Biodinâmica do movimento humano*. São Paulo: Phorte. p. 61-64.
- PUPO, J., DETANICO, D., & SANTOS, S. (2012). Parâmetros cinéticos determinantes do desempenho nos saltos verticais. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 14(1), 41-51.
- REESER, J., FLEISIG, G., BOLT, B. & RUAN, M. (2010). Upper limb biomechanics during the volleyball serve and spike. *Sports Health*, 2(5), 368-374.
- ROBINSON, G., & ROBINSON, I. (2013). The motion of an arbitrarily spherical projectile and its application to ball games. *Physica Scripta*, 88(1), 1-18.
- SEMINATI, E., MARZARI, A., VACONDI, O. & MINETTI, A. (2015). Shoulder 3D range of motion and humerus rotation in two volleyball spike techniques: injury prevention and performance. *Sports Biomechanics*, 14(2), 216-231.
- SHALMANOV, A. (1998). Voleibol: fundamentos biomecânicos. Guarulhos: Phorte. p. 44-50, 60-65.
- SINGH, A. & SINGH, V. (2013). Kinematic factors of off-speed and power spike techniques in volleyball. *Journal of Education and Practice*, 4(7), 112-117.
- SINGH, S. & SINGH, R. (2014). A kinetic study on ground reaction forces in landing conditions after spiking in volleyball. *International Journal of Movement Education and Sports Sciences*, 2(1), 105-108.
- SUÁREZ, G., CARMONA, A., OTERO, C. & VÉLEZ, H. (2009). Caracterización cinemática (ángulo y velocidad) de los diferentes tipos de saque y relación con la recepción del mismo, de las participantes en el XXXVII Campeonato Nacional Juvenil Femenino de voleibol, Medellín junior 2008. *Revista Educación Física y Deporte*, 28(2), 93-103.
- TILP, M., WAGNER, H., & MÜLLER, E. (2008). Differences in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. *Sports Biomechanics*, 7(3), 386-397.
- VALADES, D. (2005). Efecto de un entrenamiento en el tren superior basada en el ciclo estiramiento-acortamiento sobre la velocidad del balón en el remate de voleibol. (Tesis de Doctorado). Universidad de Granada, Granada.
- VALADES, D., PALAO, J. & BERMEJO, J. (2013). Factores mejorables con el entrenamiento asociados a la efectividad mecánica del remate de voleibol. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 27(1), 1-10.
- VALADES, D., PALAO, J., FEMIA, T., PADIAL, P. & UREÑA, A. (2004). Análisis de la técnica básica del remate de voleibol. *Rendimiento Deportivo.com*, -(8), 1-16.
- VALADES, D., PALAO, J., MANUEL, J. & FRUTOS, J. (2013a). Mecánica de ejecución del remate en voleibol. *Movimiento Humano*, 5(-), 33-51.
- VINT, P. & HINRICHS, R. (1996). Differences between one-foot and two-foot vertical jump performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 12(3), 338-358.
- WAGNER, H., PFUSTERSCHMIED, R., TILP, M., LANDLINGER, J., VON DUVILLARD, S. & MÜLLER, E. (2014). Upper-body kinematics



- in team-handball throw, tennis serve, and volleyball spike. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24(2), 345-354.
- WAGNER, H., TILP, M., DUVILLARD, S. & MUELLER, E. (2009). Kinematic analysis of volleyball spike jump. *International Journal of Sports Medicine*, 30(10), 760-765.
- WISLOFF, U., CASTAGNA, C., HELGERUD, J., JONES, R., & HOFF, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285-288.
- WÜRZ, G. (2012). Momento angular: uma proposta para o ensino de física, utilizando experimento lúdicos. *Caderno de Publicações Acadêmicas*, 1(1), 71-79.
- YADAV, S. & MUKHERJEE, S. (2015). Electromyographical relationship of jump serve performance among the volleyball players. *International Educational E-Journal*, 4(2), 52-57.
- ZAHALKA, F., MALY, T., MALA, L., EJEM, M. & ZAWARTKA, M. (2017). Kinematic analysis of volleyball attack in the net center with various types of take-off. *Journal of Human Kinetics*, - (58), 261-271.
- ZATSIORSKY, V. (2004). *Biomecânica no esporte*. Rio de Janeiro: Guanabara. p. 222-225, 241, 387-389.