

## ANÁLISE BIOMECÂNICA DA PERNADA ALTERNADA NO POLO AQUÁTICO

### KINEMATICS ANALYSIS OF THE EGGBEATER KICK USED IN WATER POLO

Sônia Cavalcanti Corrêa\*  
Sabrina Teixeira\*\*  
Gilberto Guimarães Júnior\*\*\*

#### RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar o arremesso a gol a partir da marca do pênalti. A amostra foi de seis jogadores de polo aquático com idade entre 15 e 17 anos. Os indivíduos foram filmados no plano sagital por uma câmera subaquática após receberem marcações específicas nas articulações. Os resultados foram: os valores de deslocamento do quadril obtidos pelos atletas variaram de 0,15m a 0,29m; o indivíduo que obteve o maior deslocamento da marca do quadril no instante da impulsão final mudou o sincronismo, adiantando a extensão do joelho, que acontece logo após a extensão do primeiro, apresentou uma maior amplitude na extensão do joelho e maiores valores da velocidade horizontal do pé e adotou um padrão de movimento do pé que envolve trajetórias curvas. Isto está de acordo com a literatura, portanto estas variáveis devem ser ferramentas utilizadas no processo de aprendizagem, pois também ajudam a prevenir lesões.

**Palavras-chave:** Biomecânica. Ambiente aquático. Aprendizagem.

#### INTRODUÇÃO

O processo ensino-aprendizagem está ligado à aquisição de uma sequência de habilidades motoras e às formas de detectar e corrigir os erros que surjam nesse processo (TANI, 1992). Aas principais funções do profissional são auxiliar nesse *feedback* de informações para o aluno ou atleta e criar as formas que facilitem esse processo. Ambas as funções partem da análise da técnica do movimento que envolve, segundo Carr (1998), a descrição do movimento correto, a divisão em fases do movimento, a identificação dos elementos-chave em cada fase e as razões mecânicas aplicadas a cada fase.

Para proporcionar ao profissional de Educação Física o conhecimento básico sobre o uso destes elementos é necessário enfatizar que não se pode ensinar nenhum movimento sem a noção correta dos

conceitos mecânicos que o regem. De outra forma se estará apenas reproduzindo o que existe, sem ter condições de atuar criticamente para propor alterações, ou até mesmo corrigir de forma simples e estruturada os padrões apresentados (CORRÊA; FREIRE, 2004).

Não obstante, ainda hoje existe uma grande lacuna entre os conhecimentos produzidos nos laboratórios de biomecânica e os aplicados pelos técnicos e professores em geral. Isto não ocorre apenas no Brasil, podendo ser considerado um problema internacional (SANDERS; SANDERS, 2001). Mesmo onde a biomecânica é vista com maior interesse, como é o caso do desporto de alto nível, em que é reconhecida como fundamental, poucos sabem como utilizá-la com eficiência, de forma a extrair subsídios para apoiar a sua prática profissional.

\* Professora Doutora do Curso de Educação Física da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

\*\* Professora da rede estadual e municipal do Estado de São Paulo.

\*\*\* Supervisor de esportes de rendimento do SESI - São Paulo.

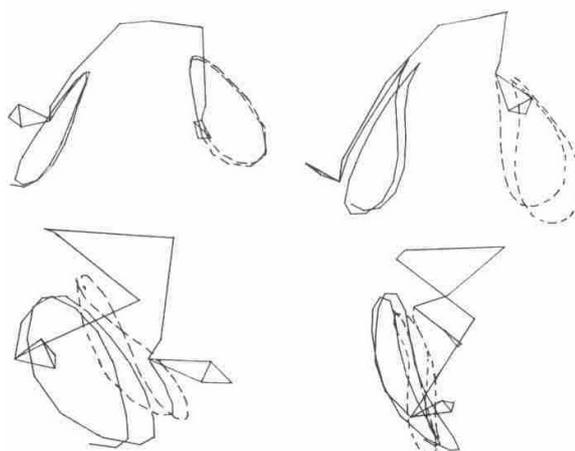
Com relação ao meio aquático o problema ainda se acentua, pois o capítulo relativo à mecânica de fluidos dentro da biomecânica é bastante complexo, e mesmo internacionalmente só teve avanço substancial após os anos 70 do último século. Existem ainda diversas discussões básicas sobre as forças que agem no indivíduo como resultado de seu movimento através de um fluido (SPRIGINGS; KOEHLER, 1990, ALEXANDER; TAYLOR, 2006).

Especificamente, a pernada alternada é utilizada no nado sincronizado, assim como no polo aquático, para elevar a parte superior do corpo na água. É a técnica utilizada pelo jogador para sustentar seu corpo na água na posição vertical ou semi-horizontal, quando combate corpo a corpo o adversário, executa o passe ou chuta a gol (GANSEL, 2002). Ela pode ser executada com o auxílio de um ou dos dois braços na água, ou ainda com os braços fora da água. A pernada alternada é um movimento que compreende ações cíclicas dos membros inferiores e no qual os lados direito e esquerdo giram em sentidos opostos e na fase oposta, com o intuito de produzir a força necessária para sustentar e/ou projetar o corpo, podendo ser também uma pernada do nado de peito modificada, com alternância das pernas (SANDERS, 2006). Segundo Hernandez e Perez (1998), durante esse movimento as pernas estão flexionadas em todas as suas articulações e executam movimentos breves, curtos e assimétricos, parecidos com os do estilo de peito; porém durante a "chicotada" do nado peito, no caso da retro pedalagem, a perna esquerda gira no sentido horário e a perna direita gira no sentido anti-horário. Enquanto uma perna dirige-se para baixo, sem estender-se completamente, para realizar o impulso para deslocar-se verticalmente, a outra realiza movimentos preparatórios.

Segundo Sanders (2006), a ação é uma combinação dos movimentos de quadril, joelho e tornozelo. Para elevar o corpo é necessário um impulso na direção vertical para cima, de modo a contrabalançar o impulso gerado pela ação da gravidade. Este impulso é fornecido pelo empuxo e pelo impulso gerado pelas pernadas alternadas. Esta ação depende, entre outros fatores, de velocidade e potência dos flexores e extensores de quadril e joelho, flexibilidade, força e potência dos abdutores e adutores do quadril, flexibilidade, força e potência dos rotadores internos e externos do quadril e do

joelho e flexibilidade dos tornozelos na inversão e eversão.

No polo aquático algumas das variáveis que melhor identificam o nível de execução dos movimentos da pernada alternada são a altura do quadril mantida durante o arremesso, a velocidade dos pés e a forma do deslocamento feito pelos pés (Figura 1). Sanders (1999a) relata que os melhores executantes realizam com os pés um movimento mais anteroposterior (frente - trás) do que vertical (para cima e para baixo).



**Figura 1** - Trajetórias desenvolvidas pelos pés nos planos frontal e sagital; na esquerda são apresentados os corretos (SANDERS, 1999a)

Destarte o valor da velocidade horizontal é fundamental para a velocidade do pé, principalmente nas fases em que a velocidade vertical é baixa, isto é, no início e quase no final da extensão, e isto pode ser definido como a habilidade do atleta de “arredondar o movimento da pernada”, isto é, o atleta deve adotar um padrão de movimento do pé que envolva trajetórias curvas de modo a utilizar as forças de sustentação e de arrasto.

Se conseguir gerar uma boa velocidade horizontal o atleta terá uma maior velocidade em todo o período da extensão. Isto se dará porque ele irá empurrar água parada e aumentará a distância percorrida pelo pé, aumentando com isto o tempo de aplicação de força, além de aumentar a sua componente de sustentação, conjunto de fatores que influenciam a impulsão. A ideia geral é a de obter as mesmas componentes encontradas no movimento da mão na natação

Os fatores que contribuem para a altura obtida na impulsão para o arremesso de polo aquático são

tanto o impulso para cima como o impulso para baixo, resultantes do tempo de aplicação de força e da força aplicada (SANDERS, 1999a; SANDERS, 1999b). A força para cima é resultante da área de seção transversa dos membros inferiores, da velocidade dos segmentos, dos coeficientes de sustentação e de arrasto e do empuxo gerado pela massa submersa. Já a força para baixo deriva da massa do indivíduo e da aceleração da gravidade. Os jogadores controlam os movimentos dos membros inferiores com a intenção de usar os pés como o motor primário de geração de força para cima. Os jogadores também controlam a orientação dos pés na tentativa de otimizar o valor e a direção das forças. A análise de regressão múltipla realizada por Sanders (1999b) determinou que a velocidade dos movimentos dos pés, a amplitude de extensão do joelho e o ângulo inicial do tronco com respeito à horizontal explicam a variância da altura máxima.

Existem estudos no polo aquático sobre o arremesso ao gol realizado pelos atacantes que, por meio da cinemetria, analisam as variáveis ângulos, velocidades dos segmentos corporais e transferência de quantidade de movimento para a bola, especialmente da parte superior do corpo (WHITING et al., 1985; ELLIOT; ARMOUR, 1988; BALL, 2006). Outros estudos descrevem as ações específicas dos pés e pernas para obter altura para o arremesso, assim como os músculos envolvidos (SANDERS, 1999a; SANDERS, 1999b; SANDERS, 2006). Ainda outros analisam especificamente as forças e ações envolvidas na pernada alternada (PLATANOU, 2005; TEIXEIRA et al., 2005; ALEXANDER; TAYLOR, 2006; TEIXEIRA et al., 2006) ou relacionam os movimentos dos membros superiores e inferiores para chegar a uma grande velocidade de bola (ALEXANDER; HONISH, 2006). Também existem estudos que analisam dados sobre as características antropométricas e fisiológicas dos jogadores de elite (TSEKOURAS et al., 2005). Não obstante, estudos que auxiliem como *feedback* do padrão mecânico empregado por atletas iniciantes de polo aquático, de forma a melhorar a prática profissional do técnico, servindo como meio auxiliar na correção de erros, podendo com isso evitar futuras lesões, não foram encontrados na literatura pelos autores.

Na intenção de criar uma interação real entre o meio acadêmico e o local de intervenção profissional, este estudo faz parte do projeto de integração do curso de Educação Física (CEF) da

Universidade Presbiteriana Mackenzie com um grande clube privado de São Paulo. O objetivo foi analisar o arremesso a gol dos atacantes a partir da marca do pênalti, com foco específico no movimento da pernada alternada, levando em conta as seguintes variáveis mecânicas: deslocamento vertical da marca do quadril do ponto inicial de preparação até a altura máxima atingida; ângulo de joelho das duas pernas, com ênfase na relação entre a flexão e extensão em ambas as pernas (sincronismo); deslocamento dos pés no plano sagital; e velocidade dos dois pés também no plano sagital.

## METODOLOGIA

Os sujeitos do estudo foram seis jogadores de polo aquático de um clube privado de São Paulo, das equipes juvenil e infantojuvenil, com idades entre 15 e 17 anos e a média de 6 anos de prática, participantes de campeonatos nacionais e estaduais. Todos os atletas e respectivos responsáveis leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido para participação no estudo. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Presbiteriana Mackenzie, mediante o processo CEP/UPM n. 1066/06/2008 e CAEE n. 0043.0.272.000-08. Os indivíduos foram filmados no plano sagital por uma câmera subaquática, com frequência de aquisição de 30 quadros por segundo, posicionada a dois metros de distância [dos atletas], e na altura média da articulação do joelho dos atletas. A câmera (Sony CCD- TRV -108) se encontrava dentro de um compartimento estanque da marca Croma, que permitia o manuseio do foco e o acionamento manual da câmera, e este compartimento estava fixado a um tripé apoiado por pesos no fundo da piscina. Foram feitas marcas circulares na pele com tinta à prova d'água, branca na parte externa, com 8 cm de diâmetro, e preta na parte interna, com 4cm de diâmetro, as quais foram pintadas no quinto metatarso, no calcanhar, no maléolo lateral, no eixo do joelho e no grande trocanter de ambas as pernas. As marcas consideradas na análise foram as pretas, enquanto as brancas serviram só para fazer contraste. Este tamanho relativamente grande das marcas foi necessário pelo fato de o movimento dos atletas ser muito rápido e a luminosidade dentro d'água ser baixa. Os indivíduos foram filmados executando três vezes o arremesso a gol, tentando alcançar a maior altura possível em um movimento explosivo, sem

ajuda do palmateio das mãos. Antes do início da filmagem propriamente dita foi registrada a imagem do calibrador, que consistia de um esquadro de 0,90m por 0,90m com marcações brancas de 0,02m de diâmetro colocadas a cada 0,15m.

A entrada dos dados da filmagem para a análise no computador foi feita por digitação manual dos pontos marcados no indivíduo, o que permitiu a reconstrução bidimensional desses pontos. O programa de computador que permite a calibração do sistema, digitação dos pontos, reconstrução das coordenadas e armazenamento destes dados foi elaborado pelo Instituto de Biomecânica da Escola Superior Alemã de Esporte de Colônia e tem o nome de "VIDEO". Após a filmagem foi construído um modelo biomecânico pelo *software* "vídeo" por meio da união dos pontos anatômicos marcados, e foram analisadas as variáveis biomecânicas de interesse por meio do programa UDP (*Universal Darstellung Program*), também elaborado pelo mesmo Instituto de Biomecânica de Colônia. Este programa permite cálculos referentes às variáveis cinemáticas já descritas. Os programas e a forma de coleta de dados estão descritos em Corrêa (1996) para análise de dados de marcha e corrida.

O deslocamento vertical da marca do quadril foi calculado pela diferença entre a altura máxima alcançada e a altura inicial da marca durante a preparação para o salto, o deslocamento dos pés foi calculado a partir da marca no calcanhar, e a velocidade total, por derivação de um polinômio ajustado à curva da posição. Os ângulos de joelho

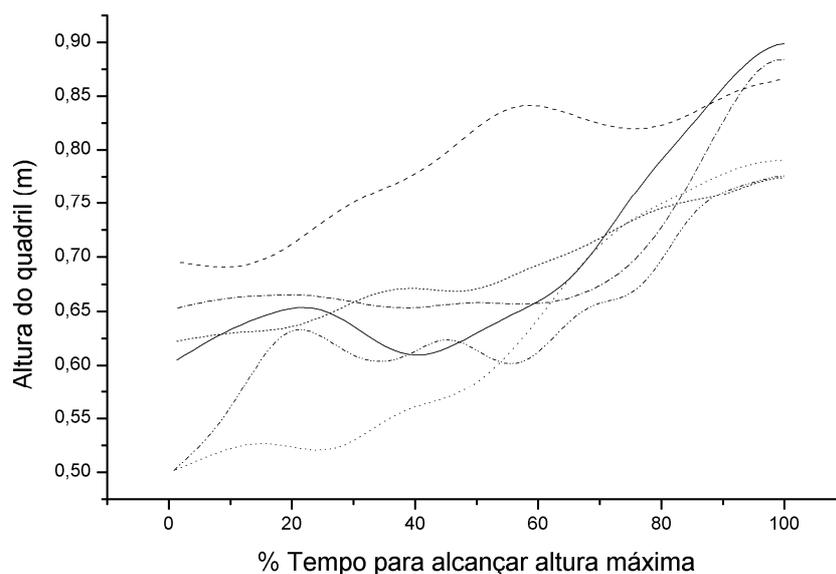
foram calculados a partir do ângulo formado entre as retas que ligam a marca do quadril ao joelho e a reta que liga o tornozelo ao joelho. Considera-se que o joelho entra na fase de extensão após a curva atingir um ponto mínimo, e na de flexão após a curva atingir um ponto máximo. Considera-se que os joelhos estão opostos em fase quando um joelho se estende e o outro se flexiona; e em fase quando ambos estão se estendendo ou flexionando. Para a apresentação dos gráficos os dados foram filtrados utilizando-se *spline* natural de terceiro grau (*cubic spline*).

Aponta-se como limitação do método aqui utilizado o fato de se utilizar somente uma câmera para a filmagem da pernada alternada, o que não permitiu a análise da componente médio-lateral da velocidade da pernada. Outros dois parâmetros que trariam uma grande contribuição para a análise da pernada seriam o ângulo do tronco e os ângulos do tornozelo.

## RESULTADOS

A partir das filmagens obtidas foi pedido ao técnico dos atletas que selecionasse a tentativa que considerasse de melhor nível técnico de cada um, para que fosse realizada a análise dos resultados.

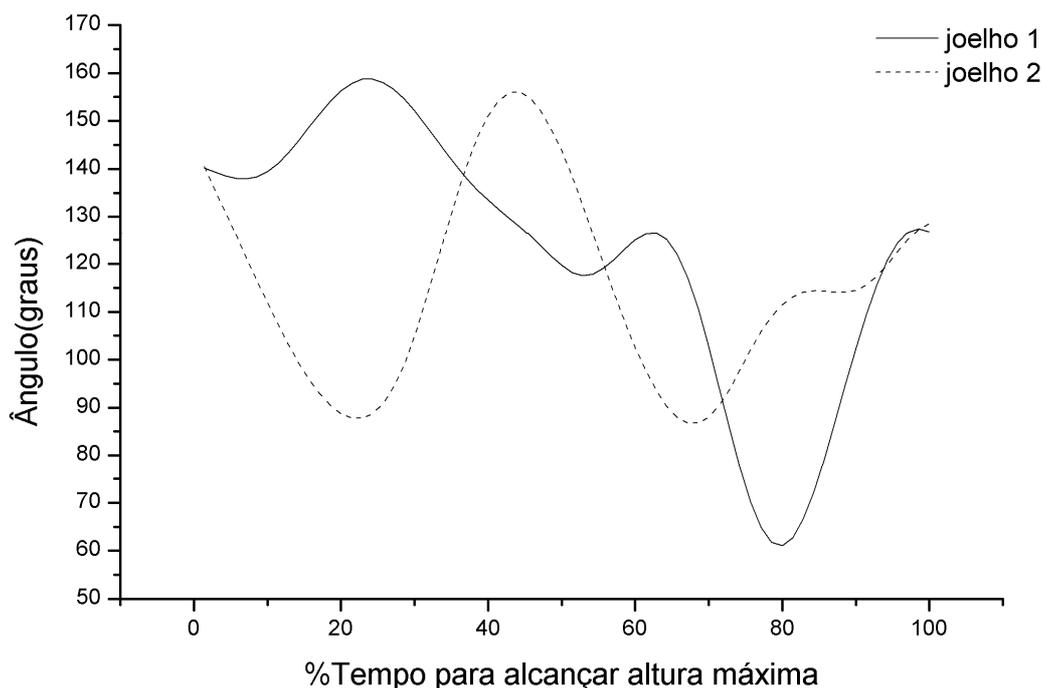
Os valores de deslocamento do quadril obtidos pelos atletas variaram de 0,15m a 0,29m, com média de  $0,24 \pm 0,06m$  durante o movimento de arremesso, como pode ser visto na Figura 2.



**Figura 2** - Altura do quadril para a tentativa de melhor padrão técnico dos seis indivíduos após normalização pelo tempo para alcançar a altura máxima.

Todos os jogadores iniciam a propulsão a partir de movimentos cíclicos e rítmicos dos membros inferiores. O sincronismo destes movimentos está ligado à flexão e extensão do joelho. Os indivíduos diferem em termos de qual joelho estendem primeiro, por isso, a partir de agora, em vez de se utilizar a denominação joelho direito ou esquerdo, serão utilizados os termos joelho 1 e joelho 2, relativos à primeira e à segunda extensão.

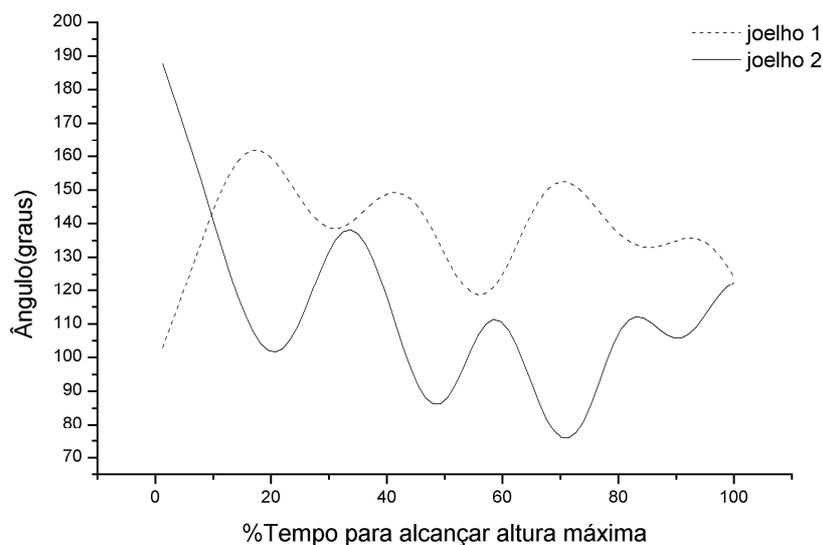
Nas Figuras 3 e 4 observam-se as variações angulares do joelho, respectivamente do indivíduo que alcançou maior deslocamento da marca do quadril e do que apresentou o menor deslocamento. Verificou-se entre os atletas no arremesso uma média de máxima flexão entre  $44,22^\circ \pm 27,31^\circ$  no joelho 1 e  $27,97^\circ \pm 18,25^\circ$  no joelho 2 e valores médios de máxima extensão entre  $178,50^\circ \pm 0,63$  no joelho1 e  $167,03^\circ \pm 11,94^\circ$  no joelho 2.



**Figura 3** -Variações angulares do joelho das pernas 1 e 2 do indivíduo que obteve maior deslocamento da marca do quadril.

Nos movimentos iniciais para se chegar à altura máxima – até 50% do tempo para alcançar esta altura – observa-se para ambos os indivíduos uma completa oposição em fase entre os joelhos; no entanto, o indivíduo que obteve o maior deslocamento da marca do quadril, no instante da impulsão final muda o sincronismo, ocorrendo um adiantamento na extensão do joelho 2 (em torno de 85% do tempo), que acontece mais cedo, logo após a extensão do direito (em torno de 80% do tempo). Esta

extensão termina próximo ao tempo de se atingir a altura máxima (Figura 3). O indivíduo que tenha obtido menor deslocamento da marca do quadril já não apresenta esta alteração no sincronismo (Figura 4) e, além disso, apresenta uma menor amplitude na articulação do joelho para ambas as pernas durante o impulso para o arremesso. Esta amplitude foi para os joelhos 1 e 2, respectivamente para o atleta que obteve maior deslocamento, de  $98^\circ$  e  $69^\circ$ , e para o que obteve menor deslocamento, de  $43^\circ$  e  $63^\circ$ .

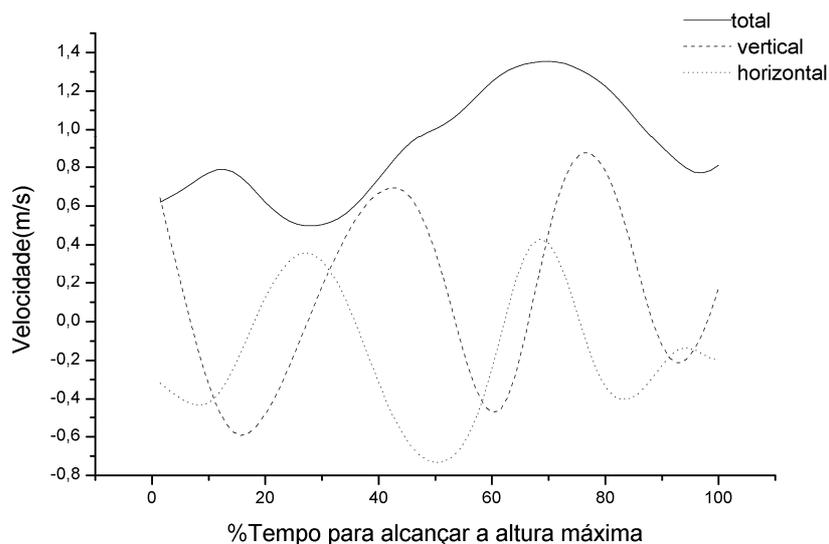


**Figura 4.** Variações angulares do joelho das pernas 1 e 2 do indivíduo que obteve menor deslocamento da marca do quadril.

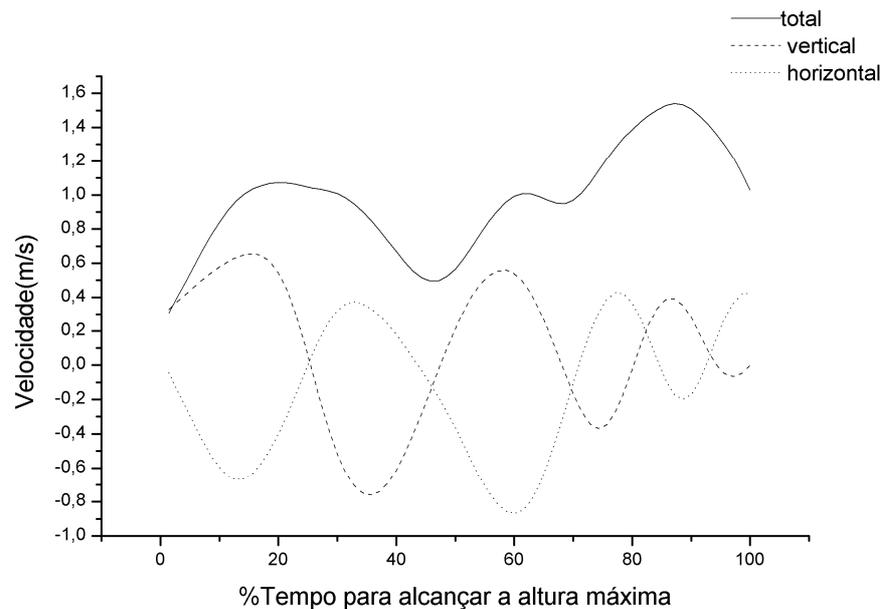
Nas Figuras 5 e 6 podem ser vistas as variações de velocidade horizontal, vertical e total respectivamente dos pés 1 e 2 para o indivíduo que obteve maior deslocamento da marca do quadril. Nas Figuras 7 e 8 as mesmas variáveis para o indivíduo que obteve menor deslocamento da marca do quadril. Os valores máximos alcançados por cada indivíduo imediatamente antes de ser alcançada a altura máxima podem ser vistos na Tabela 1.

**Tabela 1** - Valores das velocidades total, horizontal e vertical máximas para o indivíduo que obteve maior deslocamento da marca do quadril (I1) e para o que obteve menor (I2)

Variáveis	I1	I2
Velocidade total pé 1 (m/s)	1,35	1,61
Velocidade vertical pé 1 (m/s)	0,87	0,46
Velocidade horizontal pé 1 (m/s)	0,43	0,35
Velocidade total pé 2 (m/s)	1,54	1,39
Velocidade vertical pé 2 (m/s)	0,39	0,41
Velocidade horizontal pé 2 (m/s)	0,42	0,39



**Figura 5** - Curvas das velocidades horizontal (Vh), vertical (Vv) e total (Vt) do pé 1 no arremesso de polo aquático do indivíduo que obteve maior deslocamento da marca do quadril.

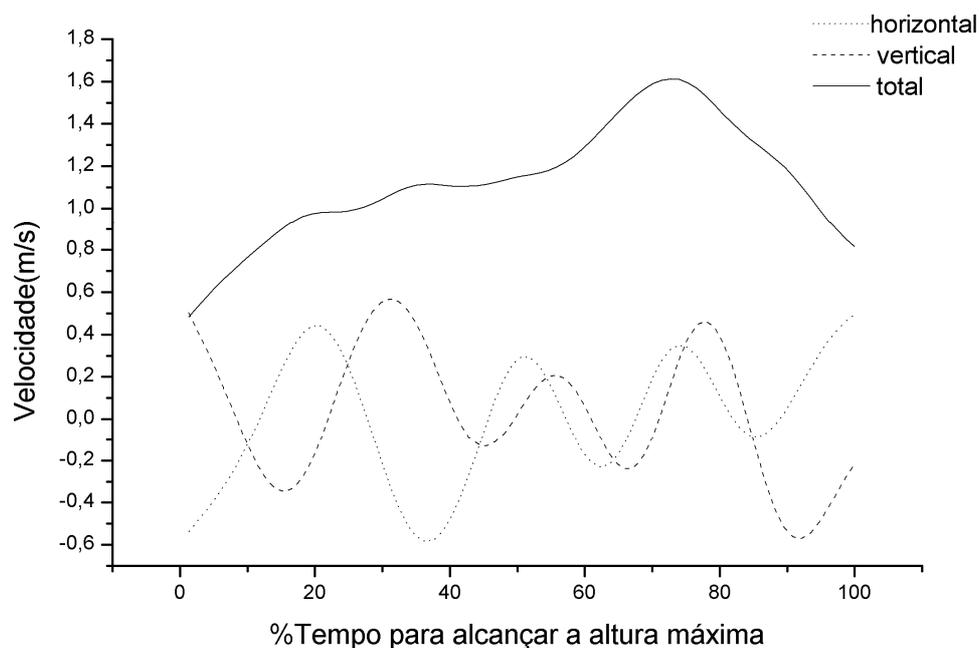


**Figura 6** -Curvas das velocidades horizontal ( $V_h$ ), vertical ( $V_v$ ) e total ( $V_t$ ) do pé 2 no arremesso de polo aquático do indivíduo que obteve maior deslocamento da marca do quadril.

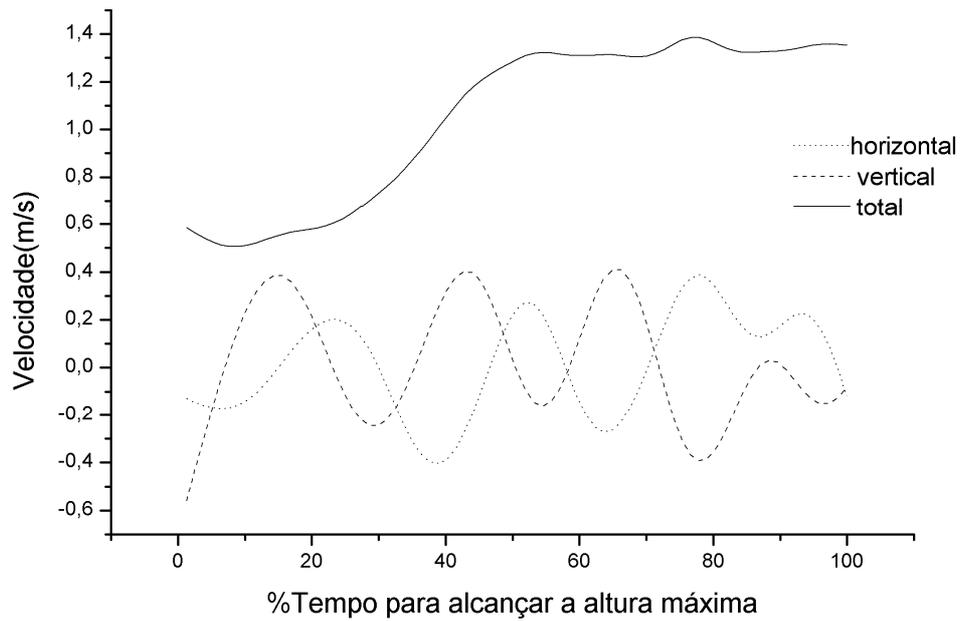
Para ambos os indivíduos a velocidade vertical máxima para baixo ocorre no meio da extensão do joelho em um ângulo próximo de  $90^\circ$ , ponto que está próximo da velocidade máxima do pé. Para o pé 2 do indivíduo que obteve maior deslocamento da marca do quadril isto ocorre em torno de 75% do tempo para a altura máxima. Para a fase final, próximo à

altura máxima, a velocidade mínima coincide com a flexão máxima de joelho.

Com relação à velocidade horizontal pode-se observar que os valores para o indivíduo que apresenta menor deslocamento da marca do quadril são inferiores aos apresentados pelo indivíduo que obteve maior deslocamento da marca do quadril.



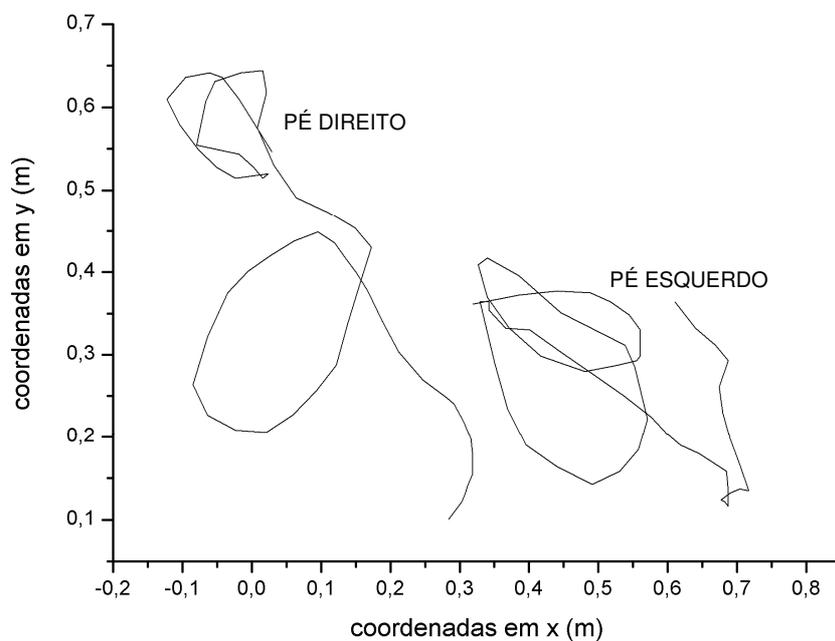
**Figura 7** -Curvas das velocidades horizontal ( $V_h$ ), vertical ( $V_v$ ) e total ( $V_t$ ) do pé 1 no arremesso de polo aquático do indivíduo que obteve menor deslocamento da marca do quadril



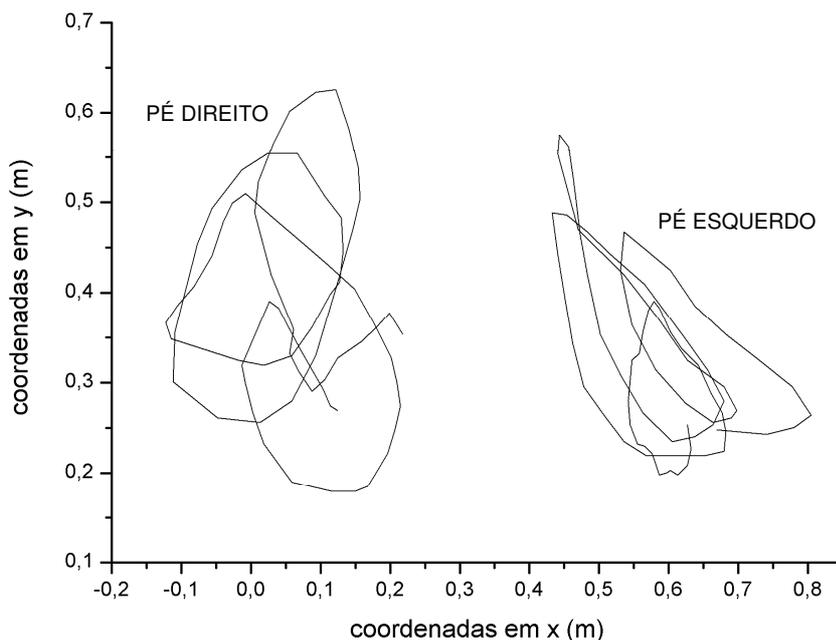
**Figura 8** - Curvas das velocidades horizontal ( $V_h$ ), vertical ( $V_v$ ) e total ( $V_t$ ) do pé 2 no arremesso de polo aquático do indivíduo que obteve menor deslocamento da marca do quadril

A forma do deslocamento realizado pelos pés pode ser vista na Figura 9 para o indivíduo que mais se aproxima do padrão considerado mais eficiente, como descrito por Sanders (2006), com

grande deslocamento anteroposterior. A Figura 10 mostra o gráfico de um atleta completamente fora do padrão descrito na literatura, com grande deslocamento na vertical.



**Figura 9** -Coordenadas x e y do pé direito e esquerdo de atleta de polo aquático no plano sagital que mais se aproxima do padrão descrito por Sanders (1999a).



**Figura 10** - Coordenadas x e y do pé direito e esquerdo do atleta de polo aquático no plano sagital completamente diferente do padrão descrito por Sanders (1999a).

### DISCUSSÃO

Os técnicos e pesquisadores em geral têm desenvolvido um relacionamento difícil, pois suas necessidades são diferentes: os técnicos precisam de informações rápidas sobre o treinamento e desempenho de seus atletas e o pesquisador muitas vezes está centrado em perguntas básicas que não se relacionam com a prática, ou em pesquisas na área em que os técnicos não precisam de ajuda. Ao mesmo tempo os técnicos têm maneiras de lidar com os treinamentos de forma científica, mas raramente são treinados nestes métodos (SANDS, 2005). Esta interface foi um dos objetivos do estudo, pois o problema de pesquisa surgiu da necessidade do técnico em termos de avaliação e diagnóstico do movimento específico do polo. A partir desta pergunta se construiu a coleta de dados sempre se buscando preencher a necessidade do técnico e dentro das limitações metodológicas de coleta de dados biomecânicos. O processo de coleta de dados em si está sendo avaliado e alterado seguidamente (TEIXEIRA et al., 2005; TEIXEIRA et al., 2006), mas o diálogo entre técnico e pesquisador torna-se cada dia mais estreito.

Os valores encontrados no presente estudo com relação à altura alcançada situaram-se

abaixo dos descritos por Sanders (1999a), em que os atletas (que variaram de iniciantes a atletas de nível nacional) alcançaram de 0,50m a 0,90m no impulso para o arremesso. Um fator que dificulta a comparação é que os valores calculados pelo autor se referem à altura do vértex da cabeça com relação à superfície da água, o que, em média, segundo o autor, acrescenta um valor de 0,20m ao valor da altura máxima alcançada. Isto acontece porque na posição de preparação para o arremesso o indivíduo já teria um deslocamento correspondente a este valor, enquanto no presente estudo foi analisado o deslocamento do quadril da posição inicial até a máxima com relação ao zero do sistema colocado embaixo d'água.

As maiores diferenças entre os padrões apresentados para as variações angulares dos joelhos direito e esquerdo entre o indivíduo que obteve menor deslocamento da marca do quadril e o que obteve maior deslocamento estão de acordo com o descrito na literatura para os atletas (SANDERS, 1999a; SANDERS, 1999b; SANDERS, 2006). Com relação aos valores de velocidade total e velocidade vertical do pé, os apresentados pelos atletas desta amostra foram bem inferiores aos descritos por Sanders (1999a; 1999b), que foram, respectivamente, 3,38m/s e

2,61m/s para o pé 2 no arremesso. Como a velocidade do pé depende da extensão vigorosa dos joelhos e de sua amplitude, o atleta, para alcançar uma melhor execução, deve praticar uma rápida extensão a partir de uma posição em que as articulações do quadril e do joelho estejam muito flexionadas. Além disto, deve treinar alterar o ritmo natural de oposição das pernas para sincronizar a segunda extensão do joelho, de modo a que a força gerada reforce a produzida pela primeira extensão.

Complementando, Sanders (1999a; 1999b) relata que, em geral, os melhores atletas apresentam velocidade máxima alta, mantendo-a por todo o ciclo com contribuição das velocidades horizontal, vertical e médio-lateral. Muitos dos jogadores ruins têm baixa velocidade do pé devido à baixa contribuição das componentes horizontal e médio-lateral. Isto sugere que utilizam prioritariamente as forças produzidas na direção vertical para cima, devido, principalmente, à componente de arrasto. Conquanto empurrar para baixo possa gerar força, muito desta vantagem seria perdido quando o pé fosse recuperado para cima para iniciar o próximo ciclo.

## CONCLUSÃO

Pelo fato de a ação da pernada ser uma combinação complexa do quadril, joelhos e tornozelos, é importante e necessário o estudo de padrões biomecânicos para melhorar o processo de ensino-aprendizagem e desempenho. Estes resultados podem servir como um importante instrumento no processo de

ensino, podendo também ser utilizado para evitar futuras lesões. O próximo passo é analisar os padrões individuais apresentados pelos atletas com o técnico, de modo a desenvolver um programa de melhoria da técnica do grupo como um todo, procurando-se acentuar a necessidade e a razão do movimento anteroposterior dos pés, assim como do aumento da amplitude articular do joelho, além da alteração do sincronismo entre as pernadas para a obtenção de maior impulsão para o arremesso. Apesar de não ser possível coletar dados durante a situação real de jogo, informações sobre as técnicas desenvolvidas em treino possibilitam que se atenuem as possibilidades de sobrecarga nas articulações por movimentos repetidos de forma errada e continuada. Além disso, a correção de padrões motores já fixados é sempre muito difícil, por isso, quanto mais cedo se conseguir estabelecer e corrigir os padrões em jovens atletas, mais fácil será alcançar a excelência. Concluímos que a biomecânica pode servir como um instrumento auxiliar para o técnico no seu dia a dia e que este diálogo entre o laboratório e a prática deve ser estimulado e ampliado em âmbito nacional e internacional, e não somente no considerado alto nível, mas sim, e principalmente, nas estruturas de base, onde os atletas adquirem o padrão motor que poderá determinar o seu futuro como atleta de ponta ou não.

## Agradecimentos

Este projeto foi financiado pelo fundo de pesquisa do Instituto Presbiteriano Mackenzie denominado MACKPESQUISA.

---

## KINEMATICS ANALYSIS OF THE EGGBEATER KICK USED IN WATER POLO

### ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze penalty throw in water polo. Six young water polo players with age ranging from 15 to 17 were recorded in the sagittal plane by a SVHS camera positioned underwater. Subjects were marked in specific landmarks. The results were: hip displacement presented by the athletes ranged from 0,15m to 0,29m; the subject that showed the greatest hip displacement: at the moment of the last thrust changed the timing, advancing the knee extension that happens just after the first knee extension, showed larger range of knee extension and higher values of horizontal foot speed; showed feet movement pattern in curved paths. This is in agreement with the literature and so these variables should be used as a tool for the learning process, also helping injuries prevention.

**Keywords:** Sport Biomechanics. Aquatic environment. Learning.

---

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, M.; HONISH, A. **The Water Polo Shot**. Disponível em: <<http://www.coachesinfo.com>>. Acesso em: 14 fev. 2006.
- ALEXANDER, M.; TAYLOR, C. **The Technique of the Eggbeater Kick**. Disponível em: <<http://www.coachesinfo.com>>. Acesso em: 14 fev. 2006.
- BALL, K. The Shot: **What the research has found**. Disponível em: <<http://www.coachesinfo.com>>. Acesso em: 14 fev. 2006.
- CARR, G. **Biomecânica do esporte um guia pratico**. São Paulo: Manole, 1998.
- CORRÊA, S. C. **Abordagem metodológica para determinação da energia mecânica**: aplicação na biomecânica da locomoção humana, Brasil. 1996. Tese (Doutorado)-Universidade de São Paulo, Escola de Educação Física, São Paulo, 1996.
- CORRÊA, S. C.; FREIRE, E. S. Biomecânica e Educação Física Escolar: possibilidades de aproximação. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 3, p. 107-124, 2004.
- ELLIOTT, B.; ARMOUR J. The penalty throw in water polo: A cinematographic analysis. **Journal of Sport Sciences**, Walsall, v. 6, no. 2, p. 103-114, 1988.
- GANSEL, J. A. Polo Aquático. In: SAFRAN, M. R.; MCKEAG, D. B.; VAN CAMP, S. P. **Manual de Medicina Esportiva**. São Paulo: Manole. 2002, p. 771-72.
- HERNANDEZ, A. R.; PEREZ J. A. **Polo aquático**. São Paulo: Manole, 1998.
- PLATANOU, T. On-water and dryland vertical jump in water polo players. **Journal of Sports Medicine Physical Fitness**, Torino, v. 45, no. 1, p. 26-31, 2005.
- SANDERS, R. A model of kinematic variables determining height achieved in water polo boosts. **Journal of Applied Biomechanics**, Champaign, v. 15, p. 270-283, 1999a.
- SANDERS, R. Analysis of the eggbeater kick used to maintain height in water polo. **Journal of Applied Biomechanics**, Champaign, v. 15, p. 284-291, 1999b.
- SANDERS, R. **Strength, Flexibility and Timing in the Eggbeater Kick**. Disponível em: <<http://www.coachesinfo.com>>. Acesso em: 14 fev. 2006.
- SANDERS, R.; SANDERS, L. Improving dissemination and application of sport science to physical educators. **Motriz: revista de educação física**, Rio Claro, v. 7, n. 1, p. 81-85, 2001.
- SANDS, W. **Communicating with coaches**: envisioning data. Disponível em: <<http://www.coachesinfo.com>>. Acesso em: 14 fev. 2005.
- SPRIGINGS, E. J.; KOEHLER, J. A. The choice between Bernouilli's or Newton's model in predicting dynamic lift. **International Journal of Sports Biomechanics**, Champaign, v. 6, no. 3, p. 235-246, 1990.
- TANI, G. Estudo do comportamento motor, educação Física escolar e a preparação profissional em Educação Física. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v. 6, n. 1, p.62-66, 1992.
- TEIXEIRA, S. et al. Análise angular do joelho na pernada alterada no polo aquático: dados preliminares. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 20, p. 377, 2006.
- TEIXEIRA, S. et al. Análise biomecânica do egg beater no Water Polo: dados preliminares. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO FÍSICA EM MOTRICIDADE HUMANA, 4., 2005, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro, 2005. p. 186.
- TSEKOURAS, Y.E. et al. The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 95, no. 1, p. 35-41, 2005.
- WHITING, W. C. et al. Three-dimensional cinematographic analysis of water polo throwing in elite performers. **American Journal of Sports Medicine**, Baltimore, v. 13, no. 2, p. 95-98, 1985.

Recebido em 02/04/2009  
Revisado em 23/10/2009  
Aceito em 04/02/2010

---

**Endereço para correspondência:** Sônia Cavalcanti Corrêa. Rua Daomé 470, Colinas de Caucaia, CEP 06727-430, Cotia-SP, Brasil.. E-mail: soniacorreia@yahoo.com.br