
AUTORES:

Renata M. Willig¹
Pedro Figueiredo¹
João Ribeiro¹
Sara Tribuzi¹
Francisco Alves²
João Paulo Vilas-Boas¹
Ricardo J. Fernandes¹

¹ CIFI²D, Faculdade de Desporto
Universidade do Porto, Portugal

² Faculdade de Motricidade Humana,
Universidade Técnica de Lisboa,
Portugal

<https://doi.org/10.5628/rpcd.12.03.98>

Caracterização biomecânica da prova de 50 m livres de uma nadadora com deficiência física unilateral de membro superior.

PALAVRAS CHAVE:

Deficiência física. Desporto adaptado. Natação.
Biomecânica.

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo caracterizar a prova de 50m livres de uma nadadora com deficiência física unilateral de membro superior, através das seguintes variáveis: velocidade de nado, frequência gestual, distância de ciclo, variação intracíclica da velocidade, índice de coordenação, força de arrasto hidrodinâmico e propulsiva. Realizou-se a análise cinemática da prova do IDM BERLIN 2013 e um protocolo de 25m para verificar os cinco primeiros parâmetros. Avaliou-se o arrasto hidrodinâmico através do MAD-System e a força propulsiva por nado amarrado. A velocidade e a distância de ciclo diminuíram com a distância de prova, especialmente na primeira metade, enquanto que a frequência gestual manteve um caimento regular. A variação intracíclica de velocidade foi de CV=0.10 e a coordenação em modelo *catch-up*. A força de arrasto hidrodinâmico diminuiu também durante a prova. A força em nado amarrado permitiu determinar um índice de fadiga de 12%. Este traduz a instalação da fadiga ao longo da prova, manifestada pelo decréscimo da velocidade e da frequência gestual. Sugere-se que a frequência gestual esteja associada à alteração da variação intracíclica de velocidade. A assimetria coordenativa era esperada para este tipo de deficiência, tal como o modelo de coordenação em *catch-up*.

Correspondência: Ricardo Fernandes. CIFI²D, Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
Rua Dr. Plácido Costa, 91. 4200-450 Porto, Portugal (ricfer@fade.up.pt).

Biomechanical characterization
of the 50m freestyle race
of an upper limb physically disabled
female swimmer

ABSTRACT

The present study aimed to characterize a 50m race of a female swimmer with upper limb unilateral physical disability, by studying the swimming velocity, stroke frequency, stroke length, intracyclic velocity variation, index of coordination, active drag and propulsive force. A race kinematical analysis at IDM BERLIN 2013 and a 25m test was performed to assess the first five above-referred parameters. The MAD-System was used to assess the active drag force and tethered swimming allowed to determine the propulsive force. The velocity and the stroke length decreased within the race, especially in the first half, while stroke frequency presented a regular decrease. The intracyclic velocity variation was of $cv=0.10$ and coordination between upper limbs corresponded to the catch-up mode. The active drag also presented a reduction along the duration of the race. The tethered swimming force also allowed to assess a fatigue index of 12%. It is suggested that stroke frequency was associated with the variation of intracyclic velocity variation. The coordinative asymmetry was expected for such disability, such as the coordination in catch up mode.

KEY WORDS:

Physical disability. Adapted sports. Swimming. Biomechanics.

INTRODUÇÃO

Em natação pura desportiva a velocidade pode ser calculada pelo produto entre a frequência gestual (FG) e a distância de ciclo (DC) ⁽⁴⁾, tendo estes parâmetros sido estudados em nadadores sem ^(4, 16) e com deficiência ^(5, 12, 13). A combinação entre estes dois parâmetros poderá sofrer alterações em nadadores com deficiência física devido à ausência parcial ou total dos segmentos propulsivos ⁽¹⁷⁾. Complementarmente é sabido que em nadadores com deficiência física unilateral ao nível do cotovelo a velocidade de nado está mais relacionada com a FG do que com a DC, quer em modelos teóricos ⁽¹⁷⁾ quer em modelos experimentais ^(12, 13, 14).

Por outro lado, estes parâmetros apresentam uma relação direta com o padrão coordinativo entre os membros superiores, que para nadadores com deficiência física unilateral de membro superior (classe S9) se apresenta em modelo *catch-up* ⁽¹⁴⁾, mantendo-se estável com o aumento da velocidade ^(14, 21).

Para além disto, devido às diferenças morfológicas entre os segmentos, os nadadores com deficiência física tendem a apresentar um perfil menos hidrodinâmico do que os nadadores sem deficiência, apresentando valores superiores de força de arrasto hidrodinâmico em função da menor classe funcional ⁽²²⁾. Contudo, Schega et al. ⁽²²⁾ reportam-se apenas ao arrasto passivo, carecendo de informação relativamente ao arrasto experimentado durante o nado.

Durante o nado, a combinação das forças resistivas opostas ao deslocamento do nadador e das forças propulsivas reflete-se na variação intracíclica de velocidade (VIV) do nadador, a qual é considerada um indicador de eficiência ^(7, 10, 29). Apenas um estudo apresentou valores de VIV para nadadores com deficiência física ⁽¹⁵⁾, apresentando valores superiores deste parâmetro comparativamente aos nadadores sem deficiência ⁽²³⁾, indicando assim uma relação menos favorável destes nadadores em administrar as forças durante o ciclo de nado ⁽²⁸⁾.

Muito embora se verifique um crescente número de estudos em nadadores com deficiência física de modo a melhorar a compreensão do desempenho de nado desta população, são escassos os estudos que analisam de forma integrada diferentes parâmetros biomecânicos, particularmente em situação de competição. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo caracterizar do ponto de vista biomecânico a prova de 50m livres de uma nadadora com deficiência física unilateral do membro superior.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi estudada uma nadadora de 13 anos de idade (1.62m e 41.1kg) com má formação congênita no membro superior direito, apresentando alterações que diferenciam os membros superiores no comprimento dos braços, antebraços e mãos. A nadadora em estudo foi clas-

sificada pelo Comit  Paralímpico Internacional como S9 (classe funcional que compreende entre seus padrões motores lesão medular   altura de S1-2, poliomielite com um membro inferior não funcional, amputa o abaixo do cotovelo, amputa o simples acima do joelho ⁽¹⁾) na sua primeira participa o internacional no ano de 2013. Para realiza o do estudo, a participante e respetivos encarregados de educa o foram previamente informados e esclarecidos sobre o protocolo de avalia o, obtendo-se o seu consentimento escrito.

A recolha de dados foi realizada em quatro etapas. A primeira foi conduzida durante o 27^o *International Deutsche Meisterschaften for Swimmers with an impairment, Berlim 2013* (IDM Berlim 2013), com prévia autoriza o dos responsáveis do evento. Para realiza o da análise da competi o, foi efetuada a aquisi o das imagens (50Hz) da prova de 50m livres por meio de uma câmara de vídeo (Sony – Modelo DCR HC42E, Nagoya, Japão) posicionada paralelamente   marca dos 20m da piscina, na plataforma superior às bancadas (local consentido pelo evento e destinado   imprensa oficial). Em seguida, para se identificar a velocidade de nado, FG e DC analisaram-se as imagens através do *software* Dartfish versão 7 (Dartfish, Friburgo, Su a), dividindo o percurso entre os 15 e 45m em três fases com iguais distâncias (15-25m; 25-35m; 35-45m). O percurso foi selecionado em virtude das imagens obtidas e a fim de evitar a interferência da partida. A velocidade média foi calculada pela razão entre a distância percorrida (m) e o tempo (s), e a FG por meio do inverso do tempo necessário para um ciclo completo (entrada da mão direita ou esquerda na água a entrada seguinte da mesma mão). A DC foi calculada pela razão entre a velocidade média e a FG.

Posteriormente decorreu a segunda etapa, esta dedicada a análise da VIV e do  ndice de coordena o adaptado. A nadadora cumpriu 25m   velocidade média da prova de 50m livres. A aquisi o das imagens (50Hz) foi realizada através de duas câmaras de vídeo (Sony – Modelo DCR HC42E, Nagoya, Japão) posicionadas, uma a 0.30m acima da superfície e outra a 0.30m de profundidade (dentro de uma caixa estanque SPK – HCB) no plano sagital do movimento, a 9m do plano de deslocamento da nadadora e a 12.5m do bloco de partida. A análise cinemática foi realizada em três ciclos não inspiratórios, monitorizados através de um plano específico pr -calibrado com uma estrutura de calibra o bidimensional (2.10m x 3m). Procedeu-se   digitaliza o manual de oito pontos anat micos, previamente marcados na nadadora (lóbulo da orelha; linha articular do ombro, cotovelo e joelho região c rpica, troc ter [anca], e extremidade distal do dedo médio) utilizando o sistema *Ariel Performance Analysis System* (APAS - Ariel Dynamics, San Diego, USA), com análise residual utilizando um filtro passa baixo (5Hz). A FG foi calculada como anteriormente descrito. Através do deslocamento horizontal do ponto fixo identificado na anca verificou-se a DC, a velocidade de nado e a VIV foi determinada por meio do coeficiente de varia o da velocidade da anca num ciclo completo (desvio padrão / média * 100) ^(10, 29).

O IdC_{adapt} foi calculado conforme Osborough et al. ⁽¹⁴⁾, sendo os valores de $IdC_{adapt} < 0\%$ indicativos de um intervalo de tempo entre o fim da fase de empurre de um membro superior e o início da fase de tração do outro (*catch-up*); $IdC_{adapt} = 0\%$ representativo de que o início da fase de tração de um membro superior ocorre no final da fase de empurre do outro (oposição); e o $IdC_{adapt} > 0\%$ aponta que a fase de tração de um membro está sobreposta a fase de empurre do outro (superposição) ^(14, 25). Adicionalmente foi calculada a simetria existente na coordenação dos membros superiores utilizando o índice de simetria (IS), obtido através da expressão $[IdC_{com_deficiência} - IdC_{sem_deficiência} / 0.5 (IdC_{com_deficiência} + IdC_{sem_deficiência})] * 100$. Considera-se simétrica a coordenação entre os membros superiores quando o valor encontrado está entre $-10\% < IS < 10\%$, assimétrico para direita quando $IS < -10\%$, e assimétrico para esquerda quando $IS > 10\%$ ^(19, 26).

A terceira etapa consistiu na determinação da força de arrasto hidrodinâmico através de um sistema de medição do arrasto ativo (*MAD-System*). O protocolo procedeu-se primeiramente por meio de uma passagem à máxima velocidade, seguida de nove repetições realizadas a velocidades inferiores, na técnica de *crol* e sem ação dos membros inferiores. Este sistema é composto por uma estrutura horizontal com 23m de comprimento, situada a 0.8m abaixo da superfície da água, com 16 plataformas de apoio distribuídas a uma distância de 1.35m entre si. A estrutura encontra-se ligada a um transdutor de força e a um computador que regista a média da força aplicada em cada plataforma. O sinal de força foi adquirido por um conversor analógico-digital (*BIOPAC Systems, Inc., Goleta, CA, USA*) a uma frequência de 500Hz e filtrado com um filtro passa baixo com uma frequência de corte de 10Hz. Assumindo uma velocidade de nado constante, a força média exercida é igual à força média de arrasto. Deste modo, os dados das 10 repetições velocidade/ força foram modelados (através dos mínimos quadrados) de acordo com $D = A \times v^n$, onde A e n são parâmetros da função e v é a velocidade de nado ⁽²⁷⁾.

A última etapa cumpriu-se através do teste de 30s em nado amarrado, o qual consistiu num protocolo de nado à máxima intensidade durante 30s. Para tal, a nadadora foi fixada pela cintura a um cabo de aço de 5m de comprimento conectado a uma célula de carga, que por sua vez se encontrava fixada ao bloco de partida. O sinal de força foi adquirido através de um conversor A/ D (*BIOPAC Systems, Inc., Goleta, CD, USA*) à frequência de 500Hz e posteriormente filtrado a 10Hz. A nadadora foi orientada a deslocar-se até à extensão total do cabo e, ao primeiro sinal sonoro, iniciava o teste, devendo parar imediatamente após o sinal seguinte. O gráfico força/ tempo foi registado e analisado para obter os valores de força máxima ($F_{m\acute{a}x}$) - valor médio obtido nos primeiros 5s, força média ($F_{m\acute{e}d}$) - valor médio de força dentro dos trinta segundos de análise, e força mínima ($F_{m\acute{i}n}$) - valor médio nos últimos cinco segundos. Através destes valores foi calculado o índice de fadiga: índice de fadiga = $[(F_{m\acute{a}x} - F_{m\acute{i}n}) / F_{m\acute{a}x}] * 100$ ^(9, 11, 20).

A Figura 1 apresenta o comportamento dos parâmetros biomecânicos gerais durante a prova dos 50 m livres.

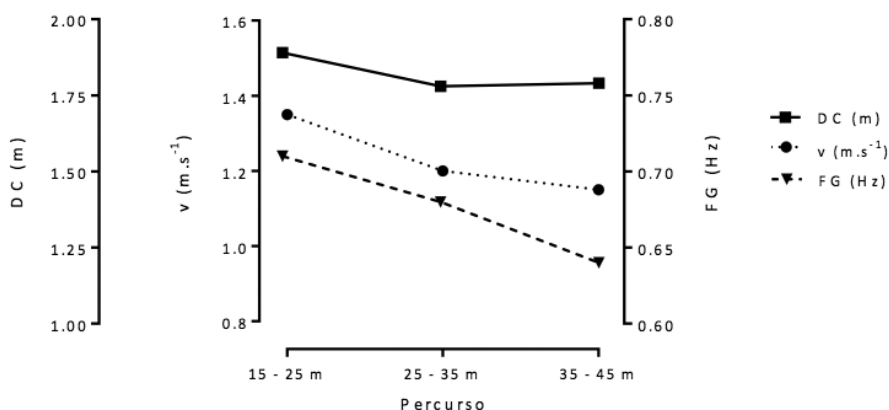


FIGURA 1 — Comportamento da distância de ciclo (DC), velocidade de nado (v) e frequência gestual (FG) durante a prova dos 50 m livres. As medições foram realizadas entre os 15 e os 25 m, os 25 e os 35 m e os 35 e os 45 m.

Observou-se um decréscimo da velocidade ao longo da prova, com valor superior entre os 15 e os 25m (1.35 m.s⁻¹), reduzindo-se 12% no segundo momento da análise (25-35m) e 4% no terceiro (35-45m). A DC apresentou uma notável redução do primeiro para o segundo percurso (1.89 e 1.78m, respetivamente), mantendo-se quase inalterada para o terceiro (1.79m), à medida que a FG diminuiu progressivamente ao longo da prova (0.71, 0.68 e 0.64Hz).

Complementarmente, a VIV apresentou um coeficiente de variação igual a 0.10, enquanto o IdC_{adapt} apresentou um valor de -31.5%, correspondendo a um modelo em *catch-up* (IdC_{com_def} de -35% e IdC_{sem_def} de -28%, os quais resultaram num valor de índice de simetria de 22%). Na Figura 2 é apresentada a duração (absoluta e relativa) das fases do ciclo de nado na técnica de *crawl*, para ambos os membros superiores.

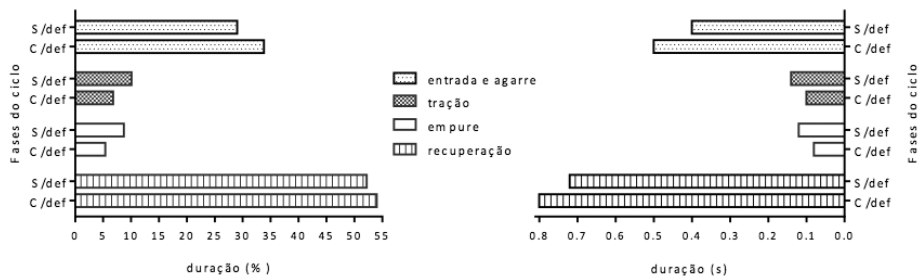


FIGURA 2 — Duração relativa (painel esquerdo) e duração absoluta (painel direito) das fases do ciclo de nado do membro com deficiência (C/ def) e do membro sem deficiência (S/ def).

O membro superior com deficiência apresentou menor duração percentual nas fases propulsivas, comparativamente ao membro sem deficiência, enquanto durante as fases de entrada e deslize e recuperação (não propulsivas) a duração foi menor para o membro superior sem deficiência.

A Figura 3 apresenta a curva força de arrasto hidrodinâmico/ velocidade, da qual foram estimados os valores de arrasto hidrodinâmico para as velocidades ao longo da prova de 50m livres, correspondendo a 52.2, 43.5 e 40.4N para o primeiro, segundo e terceiro percursos, respetivamente.

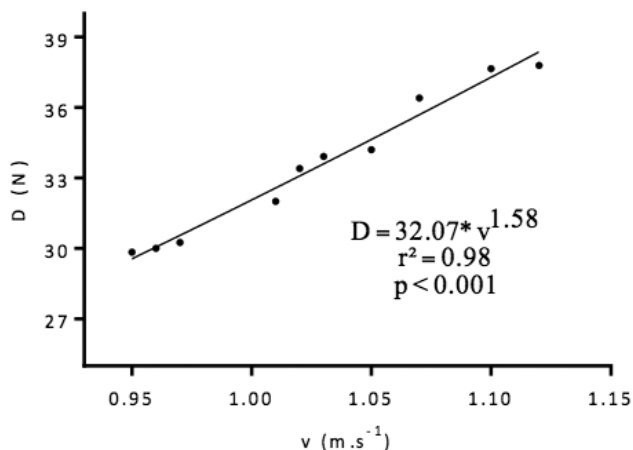


FIGURA 3 — Regressão não linear do tipo potência entre a força de arrasto hidrodinâmico (D) e a velocidade de nado (v).

No que concerne aos resultados do teste de nado amarrado, os valores de $F_{\text{máx}}$ e $F_{\text{méd}}$ foram 81.6 e 77.1N respetivamente, revelando um índice de fadiga de 12% (Figura 4).

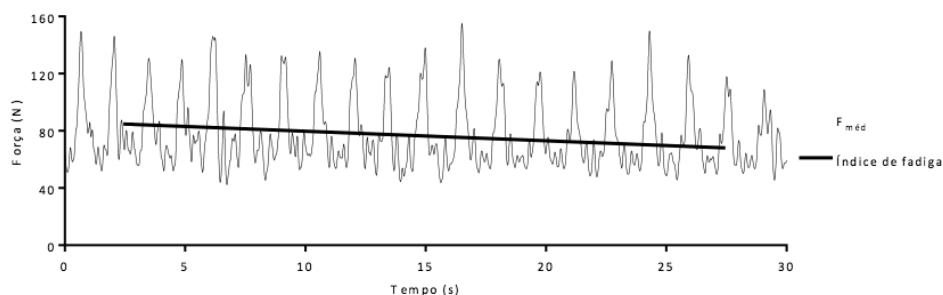


FIGURA 4 — Representação gráfica do perfil da força durante o teste de 30s do nado amarrado. A linha tracejada indica a $F_{\text{méd}}$ e a linha contínua o índice de fadiga.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo foi caracterizar do ponto de vista biomecânico a prova de 50m livres de uma nadadora com deficiência física unilateral de membro superior. Os principais resultados indicam uma diminuição da velocidade e FG ao longo da prova, assim como uma estabilidade da DC nos últimos dois percursos. Verificou-se também que a VIV apresentou reduzida expressão, assim como um modelo de coordenação entre os membros superiores em *catch-up*, embora com uma assimetria para o lado esquerdo. A força de arrasto hidrodinâmico decresceu concomitantemente com a diminuição da velocidade. O índice de fadiga, tal como a redução da velocidade na primeira metade da prova, apresentou um valor de 12%, resultado que deverá ser entendido como mais do que uma coincidência.

O decréscimo conjunto da velocidade e da FG está de acordo com a literatura para nadadores com deficiência física unilateral de membro superior ^(12, 13). Estes estudos apresentam um aumento da DC com a diminuição da velocidade e da FG, mas os protocolos utilizados não consideram as alterações mecânicas induzidas pela fadiga, como acontece em situação de competição, dado que utilizam um protocolo de velocidade incremental ⁽⁶⁾. Complementarmente é válido salientar que, para velocidades elevadas, os nadadores com amputação unilateral de membro superior (classe S8 e S9) utilizam a FG para conseguirem aumentar a velocidade de nado ⁽¹³⁾, devido à necessidade de compensarem a falta de segmentos propulsivos ⁽¹⁷⁾.

No que concerne à VIV, a nadadora do presente estudo apresentou valor inferior aos descritos na literatura da natação adaptada, quer para nadadores com Síndrome de Down (0.17) ⁽¹⁰⁾ quer para nadadores S9 (0.35) ⁽¹⁵⁾. No entanto, neste último estudo, analisou-se

apenas a ação dos membros superiores, o que pode ter influenciado os valores da VIV⁽¹⁵⁾, pois a ação dos membros inferiores representa uma contribuição significativa para a propulsão em velocidades elevadas⁽⁶⁾, com maior evidência em nadadores com deficiência de membro superior. Comparativamente aos nadadores sem deficiência^(23, 24) os valores da VIV foram inferiores, provavelmente pelo menor pico de velocidade atingido pela nadadora, que poderá estar relacionado com a FG, a qual é gerenciada a fim de manter ações propulsivas consecutivas.

O modelo de coordenação entre os membros superiores encontrado foi o *catch-up*, estando de acordo com estudos anteriormente realizados em nadadores com deficiência física unilateral de membro superior^(14, 21); porém, ao analisar a duração das diferentes fases do ciclo de nado, os valores no presente estudo são distintos da literatura, nomeadamente quando considerados os resultados de Satkunskiene et al.⁽²¹⁾. Este estudo reportou que 40% da totalidade do ciclo de nado são referentes às fases propulsivas dos nadadores com deficiência física estudados (entre eles nadadores S9), enquanto a nadadora do presente estudo apresentou 15.5% do ciclo de nado constituído pelas fases propulsivas. A diferença encontrada pode ser explicada pela utilização de metodologias diferentes para o cálculo do IdC, pois Satkunskiene et al.⁽²¹⁾ utilizaram a metodologia de Chollet et al.⁽³⁾, enquanto o nosso estudo está em conformidade com Osborough et al.⁽¹⁴⁾, o qual utiliza os ângulos entre o braço (segmento ombro/ cotovelo) com a linha horizontal da superfície da água para identificar cada fase do ciclo de nado.

Ao calcular o IdC_{adapt} e complementar análise do IS, verificou-se que no membro sem deficiência existiu menor duração total do ciclo de nado, mas superior duração das fases propulsivas. Por outro lado, o membro com deficiência teve tempo superior na fase de recuperação, tornando o IdC_{adapt} mais negativo. Devido a este facto, é possível verificar uma assimetria à esquerda, isto é, existe um maior desfasamento temporal entre o fim da fase de empurre do membro sem deficiência e o início da fase de tração do membro com deficiência, comparativamente ao fim da fase de empurre do membro com deficiência e o início da fase de tração do membro sem deficiência.

No presente estudo, e como esperado, a força de arrasto hidrodinâmico estimada aumentou com o incremento da velocidade, apresentando valores superiores aos reportados para nadadoras da mesma faixa etária sem deficiência⁽³⁰⁾. O valor da constante A (que depende do coeficiente de arrasto, massa volúmica da água e área de secção transversa) também foi superior ao valor de 24 identificado para mulheres⁽²⁷⁾. Estes valores eram expectáveis, visto que a literatura evidencia que nadadores S9 apresentam uma posição menos hidrodinâmica que nadadores sem deficiência⁽²⁾. No entanto, valores de arrasto ativo na literatura são ainda escassos para este grupo de nadadores.

Os valores médios e máximos absolutos de força durante o nado amarrado são mais elevados quer para nadadoras da mesma idade⁽¹⁸⁾, quer para nadadoras da mesma clas-

sificação funcional ⁽⁹⁾, sendo, no entanto, inferiores aos apresentados por Morouço et al. ⁽¹¹⁾. No que diz respeito ao índice de fadiga, os valores são inferiores aos descritos pelos mesmos autores ^(9,11,18). Esta diferença pode ser explicada pelos valores de força superiores da nadadora do presente estudo, assim como pela metodologia utilizada para o cálculo da $F_{máx}$, que por vezes é avaliada durante os 10s iniciais ⁽¹¹⁾. É importante salientar que o teste de 30s em nado amarrado é tido como um meio confiável de estimar a *performance* de jovens nadadores em distâncias curtas ⁽¹¹⁾ e que a perda da capacidade de aplicação de força avaliada pelo índice de fadiga auxilia a compreender o desempenho da nadadora durante a prova de 50m livres.

Com o presente estudo foi possível verificar uma diminuição na aplicação de força ao longo do exercício/ teste de 30s em nado amarrado, a qual sugere a instalação de fadiga durante a prova de 50m livres, tendo-se também verificado uma diminuição da FG e a manutenção da DC na segunda metade da prova. A diminuição da velocidade repercute-se no decréscimo dos valores de arrasto hidrodinâmico ao longo da prova. Complementarmente, o índice de simetria evidenciou a deficiência unilateral da nadadora, demonstrando uma assimetria para o lado sem deficiência, enquanto o modelo coordenativo em *catch-up* reflete o intervalo temporal existente entre fases propulsivas dos dois membros, característico da classe funcional S9, particularmente em provas de curta distância. Finalmente, conclui-se que a FG é responsável pela magnitude da VIV, embora mais estudos sejam necessários para verificar o comportamento desta variável em nadadores com deficiência física em situação real de prova.

REFERÊNCIAS

1. Abrantes GM, da Luz LMR, Barreto MM (2006). *Natação paraolímpica: manual de orientação para professores de educação física*. Brasília: Brasileiro CP.
2. Burkett B, Mellifont R, Mason B (2010). The influence of swimming start components for selected olympic and paralympic swimmers. *J Appl Biomech* 26: 134-141.
3. Chollet D, Chabies S, Chatard JC (2000). A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. *Int J Sports Med* 21: 54-59.
4. Craig AB, Jr., Pendergast DR (1979). Relationships of stroke rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming. *Med Sci Sports* 11: 278-283.
5. Daly D, Djobova SK, Malone LA, Vanlandewijck Y, Steadward RD (2003). Swimming Speed Patterns and Stroking Variables in the Paralympic 100-m Freestyle. *Adapt Phys Activ Q* 20: 260-288.
6. Deschodt VJ, Arsac LM, Rouard AH (1999). Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25 m sprint front-crawl swimming. *European Journal of Applied Physiology, Berlin* 80: 192-199.
7. Figueiredo P, Toussaint HM, Vilas Boas JP, Fernandes RJ (2012). Relation between efficiency and energy cost with coordination in aquatic locomotion. *European Journal of Applied Physiology* 113: 651-659.
8. Figueiredo P, Vilas-Boas JP, Seifert L, Chollet D, Fernandes RJ (2010). Inter-limb coordinative structure in a 200 m front crawl event. *Open Sports Sci* 3: 25-27.
9. Lee CJ (2012). *Mechanical power in well trained swimmers with physical impairment*. Manchester Metropolitan University, Manchester, Reino Unido.
10. Marques-Aleixo I, Querido A, Figueiredo P, Vilas-Boas JP, Corredeira R, Daly D, Fernandes RJ (2013). Intracyclic Velocity Variation and Arm Coordination Assessment in Swimmers With Down Syndrome. *Adapt Phys Activ Q* 30: 70-84.
11. Morouço PG, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ (2012). Evaluation of adolescent swimmers through a 30-s tethered test. *Pediatr Exerc Sci* 24: 312-321.
12. Osborough CD, Payton CJ, Daly DJ (2009). Relationships between the front crawl stroke parameters of competitive unilateral arm amputee swimmers, with selected anthropometric characteristics. *J Appl Biomech* 25: 304-312.
13. Osborough CD, Payton CJ, Daly DJ (2009). *Stroke parameters and arm coordination in competitive unilateral arm amputee front crawl swimmers*. 27th International Conference on Biomechanics in Sports .
14. Osborough CD, Payton CJ, Daly DJ (2010). Influence of swimming speed on inter-arm coordination in competitive unilateral arm amputee front crawl swimmers. *Hum Mov Sci* 29: 921-931.
15. Payton C, Wilcox C (2006). Intracyclic speed fluctuations of uni-lateral arm amputee front crawl swimmers. *Rev Port Cien Desp* 6: 53-54.
16. Pelayo P, Sidney M, Kherif T, Chollet D, Tourny C (1996). Stroking Characteristics in Freestyle Swimming and Relationships With Anthropometric Characteristics. *J Appl Biomech* 12: 197-206.
17. Prins J, Murata N (2008). Kinematic analysis of swimmers with permanent physical disabilities. *IJA-RE* 2: 330-345.
18. Ribeiro SMS (2007). *Avaliação Indirecta da Funcionalidade Anaeróbia de Nadadores de Diferente Estatuto Maturacional com Recurso a Testes Laboratoriais e de Terreno*. Universidade do Porto, Porto, Portugal.
19. Robinson RO, Herzog W, Nigg BM (1987). Use of force platform variables to quantify the effects of chiropractic manipulation on gait symmetry. *J Manipulative Physiol Ther* 10: 172-176.
20. Rohrs DM, Stager JM (1991). Evaluation of anaerobic power and capacity in competitive swimmers. *J Swim Res* 7: 12-16.
21. Satkunskiene D, Schega L, Kunze K, Birzinyte K, Daly D (2005). Coordination in arm movements during crawl stroke in elite swimmers with a loco-motor disability. *Hum Mov Sci* 24: 54-65.
22. Schega L, Kunze K, Daly D (2006). *Simulation of functional restrictions in swimmers with disabilities*. First International Symposium Sciences And Practices In Swimming.

23. Schnitzler C, Seifert L, Albertym M, Chollet D (2010). Hip Velocity and Arm Coordination in Front Crawl Swimming. *Int J Sports Med* 31: 875–881.
24. Schnitzler C, Seifert L, Ernwein V, Chollet D (2008). Arm coordination adaptations assessment in swimming. *Int J Sports Med* 29: 480-486.
25. Seifert L, Toussaint H, Alberty M, Schnitzler C, Chollet D (2010). Arm coordination, power, and swim efficiency in national and regional front crawl swimmers. *Hum Mov Sci* 29: 426-439.
26. Tourny-Chollet C, Seifert L, Chollet D (2009). Effect of force symmetry on coordination in crawl. *Int J Sports Med* 30: 182-187.
27. Toussaint HM, Hollander AP, Van den Berg C, Vorontsov A (2000). Biomechanics of swimming. In: Garrett WE, Kirkendall DT (eds.). *Exercise and Sport Science*. Philadelphia: 639-660.
28. Vilas-Boas JP (1996). Speed fluctuations and energy cost of different breaststroke technique. In: Troup JP, Hollander AP, Strasse D, Trappe SW, Capparet JM, Trappe T, A, (eds.). *Biomechanics and medicine in swimming*. E & FN Spon: London, 167–171.
29. Vilas-Boas JP, Fernandes RJ, Barbosa TM (2010). Intra-cycle velocity variations, swimming economy, performance, and training in swimming. In: Seifert L, Chollet D, Mujika I (eds.). *World Book of Swimming: From Science to Performance*. Nova Science Publishers, Inc., 1-15.
30. Vilas-Boas JP, Fernandes RJ, Kolmogorov S (2001). Arrasto hidrodinâmico activo e potência mecânica máxima em nadadores pré-juniores de Portugal. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* 1: 14-21.