

“SWIMSUIT” versus “WETSUIT” EM ÁGUAS ABERTAS: ESTUDO DE CASO COMPARATIVO ENTRE UMA NADADORA DE ELITE PORTUGUESA E A NADADORA ELEITA POR CINCO VEZES MELHOR DO MUNDO

Autores

Rodrigo Zacca^{1,2,3}; Bruno Mezêncio^{1,2,4,5}; Pedro Filipe Pereira da Fonseca²; Gustavo Soares Pereira⁶; Flávio A. de Souza Castro⁷; David B Pyne⁸; Ricardo J. Fernandes^{1,2}

rzacca@fade.up.pt

Resumo

O objetivo deste estudo de caso foi relatar os resultados de desempenho comparativo em termos de cinemática, economia, eficiência geral e coordenação em diferentes intensidades de nado com recurso a dois tipos de fatos de competição (fato de banho, SWIMSUIT; e fato isotérmico, WETSUIT) entre a melhor nadadora de águas abertas da Federação Portuguesa de Natação (nível ELITE) e uma nadadora da Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos eleita cinco vezes melhor do mundo pela Federação Internacional de Natação (nível TOP ELITE), detentora de 11 medalhas em Campeonatos Mundiais e 46 medalhas na Taça do Mundo de Águas Abertas. As nadadoras (ELITE: 24 anos, 164 cm e 60 kg; TOP ELITE: 27 anos, 163 cm e 64.5 kg) foram avaliadas 40 dias antes do 18º Campeonato Mundial de Desportos Aquáticos 2019 (Gwangju, Coreia do Sul). Cada nadadora realizou um protocolo incremental idêntico para ambos os fatos (1 h de intervalo) onde cinemática de nado, consumo de oxigênio, concentração de lactato sanguíneo, potência mecânica e metabólica, custo energético, eficiência geral e coordenação de nado foram estimados para as quatro principais zonas de intensidade utilizadas durante a prova olímpica dos 10 km. Com o WETSUIT, as nadadoras ELITE e TOP ELITE evidenciam ser mais rápidas e económicas em todas as distâncias e zonas de intensidades avaliadas, adotando uma estratégia de maior frequência

¹ Centro de Investigação, Formação, Inovação e Intervenção em Desporto (CIFI2D), Universidade do Porto, Porto, Portugal

² Laboratório de Biomecânica do Porto, Universidade do Porto, Porto, Portugal

³ CAPES Foundation, Ministry of Education of Brasil, Brasília, Brazil

⁴ University of São Paulo, São Paulo, Brasil

⁵ Departamento de Biodinâmica do Movimento do Corpo Humano (EEFESP) São Paulo, Brasil

⁶ Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Florianópolis, SC, Brazil

⁷ Grupo de Pesquisa em Esportes Aquáticos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

⁸ Research Institute for Sport and Exercise, University of Canberra, Canberra, Austrália

e menor comprimento de braçadas durante as zonas de intensidade 1, 2 e 3, apresentando diferença no modelo de coordenação de braços em todas as intensidades avaliadas. As diferenças encontradas entre estes dois níveis poderão ser úteis para nadadores e treinadores identificarem parâmetros que deverão ser incluídos nos seus regimes de treino por forma a melhorarem o seu desempenho.

Palavras-chave: Jogos Olímpicos, Elite, Top Elite, Natação, Águas Abertas, Fisiologia, Biomecânica, Treino Desportivo

Introdução

A FINA (*Fédération Internationale de Natation*) inclui a prova de natação em águas abertas nos seus campeonatos mundiais desde 1991, sendo que as provas individuais são realizadas nas distâncias de 5, 10 e 25 km. Contudo, somente em 2008 se deu início oficial às provas masculinas e femininas de 10 km em águas abertas nos Jogos Olímpicos (maratonas aquáticas). Ainda que aspetos relacionados com a estratégia de prova (1,3,18) possam ser encontrados na literatura científica, existe ainda uma carência de estudos multifatoriais em natação em águas abertas (25). Concomitantemente, o estudo da energética em águas abertas, embora muito ligada ao desempenho, tem sido muito pouco explorada (14,36,41), com a maioria dos estudos incidindo no segmento de natação do triatlo (33).

A energética dos desportos cíclicos individuais, contudo, tem sido estudada sistematicamente desde o início do século XX, focando-se particularmente na locomoção e sua contribuição no desempenho atlético (11,42). O desempenho da natação depende da potência metabólica \dot{E} mas também do custo energético por unidade de distância (C , quilojoules por metro) que, por ser superior na natação comparativamente a qualquer outro meio de locomoção humana, se destaca como uma das mais importantes variáveis na natação em águas abertas (6,11,30,37). Assim, para uma determinada \dot{E} , um nadador de águas abertas com boa eficiência propulsiva e baixa resistência hidrodinâmica, ou seja, com um baixo C , deverá ser capaz de sustentar velocidades de nado (v) mais elevadas e por um período mais longo do que outro nadador com um C superior (2,11,42).

A eficiência na qual a solicitação metabólica é convertida em potência mecânica tem sido descrita como uma medida de desempenho na locomoção humana (5). Assim, a eficiência geral do nado, ou eficiência mecânica do nado, corresponde à fração da \dot{E} que é convertida em potência mecânica, e depende principalmente da capacidade de conversão da ATP em trabalho mecânico a nível muscular e sua transmissão para a propulsão do nadador (19,43).

As interações do nadador com um ambiente aquático são singulares na medida que, ainda que o meio líquido seja essencial para a progressão do nadador, este meio atua ainda como uma resistência ao seu deslocamento (13,27). O nadador de águas abertas enfrenta continuamente ambientes dinâmicos, dado realizar as suas provas em contextos naturais, nos quais podem ocorrer alterações imprevistas do meio. Contudo, a manipulação de velocidade ou intensidade do nado para investigar adaptações de braçada e parâmetros de coordenação entre os braços com nadadores de águas abertas (por alteração no índice de coordenação (9) é raramente explorada (23,24,26, 28).

O FINA/CNSG *Marathon Swim World Series* é um circuito mundial de águas abertas organizado anualmente em mais de nove locais e ocorre em meios de água doce ou salgada. De entre as etapas da época de 2019, a prova realizada em Setúbal (Portugal), é a que decorre em águas mais frias. As regras da FINA para águas abertas determinam que o uso de fato isotérmico (WETSUIT) é obrigatório quando a temperatura da água é inferior a 18° C (<http://www.fina.org/content/fina-approved-swimwear>). O fato isotérmico ARENA CARBON *Triwetsuit* (85% Neopreno 15% Nylon), homologado pela FINA, foi selecionado para a prova dos 10 km de Setúbal por mais de 85% dos nadadores e nadadoras em prova. Contudo, nas etapas onde o uso de WETSUIT não é permitido, o fato ARENA POWERSKIN R-EVO *Closed Back* (65% Poliamida, 35% Elastano) tem sido amplamente utilizado por nadadores de ambos os sexos. Estudos sugerem que o benefício de usar WETSUIT difere de um nadador para outro e depende da capacidade de nadar enquanto no seu interior, da flutuabilidade e da velocidade de nado. (7).

Neste estudo de caso, descrevemos e comparamos dados de cinemática, economia, eficiência geral e coordenação sob diferentes condições de nado (quatro intensidades: zonas 1, 2, 3 e 4 (20,21) com dois tipos de fatos de competição (fato de banho,

SWIMSUIT; e fato isotérmico, WETSUIT) entre a melhor nadadora de águas abertas da Federação Portuguesa de Natação (ELITE) e uma nadadora eleita cinco vezes melhor do mundo pela Federação Internacional de Natação (TOP ELITE) durante a preparação a etapa de Setúbal (Portugal) do FINA/CNSG *Marathon Swim World Series* 2019 e 18º Campeonato Mundial de Desportos Aquáticos 2019 (Gwangju, Coreia do Sul). Este estudo tem como objetivo expandir o conhecimento atual das capacidades físicas necessárias para alcançar resultados de topo mundial em provas de águas abertas.

Métodos

A classificação de ELITE para a nadadora portuguesa (idade: 24 anos, estatura: 164 cm; massa corporal: 60 kg e envergadura: 171 cm) e TOP ELITE para a nadadora brasileira (idade: 27 anos, estatura: 163 cm; massa corporal 64.5 kg e envergadura: 171 cm) deu-se de acordo com os critérios da “Grelha de Integração - Natação Águas Abertas” do Projeto Tóquio 2020 do Comité Olímpico de Portugal (<http://comiteolimpicoportugal.pt>). A avaliação das nadadoras foi realizada em simultâneo com a aplicação de um programa de treino estabelecido pelos seus respetivos treinadores. A autorização para a divulgação dos dados foi obtida por meio da assinatura de um Termo de Consentimento Informado de ambas as nadadoras e respetivos treinadores. As avaliações foram durante um “*Training Camp*” que teve lugar na cidade do Porto (Portugal), uma semana antes da etapa de Setúbal (Portugal) do FINA/CNSG *Marathon Swim World Series* 2019, e aproximadamente 40 dias antes do o 18º Campeonato Mundial de Desportos Aquáticos 2019 de Gwangju (Coreia do Sul). O período de treino no qual as nadadoras se encontravam aquando das avaliações previa um mesociclo (3 semanas) de sustentação de zona de intensidade 3 (20,21,28,34). O volume de nado total realizado neste mesociclo foi de 178.4 km para a ELITE e 210.0 km para a TOP ELITE. As avaliações foram realizadas numa piscina de interior com 25 m de comprimento e com temperatura média da água (26º C), ar ambiente (25º C) e humidade relativa (60%) controladas. Inicialmente as nadadoras realizaram um aquecimento de 2100 m na zona de intensidade 1 (20,21). Em seguida, cada nadadora realizou o mesmo protocolo (Fig 1) com cada um dos fatos de competição (SWIMSUIT e WETSUIT; Fig 2) com uma hora de intervalo entre

fatos. Para cada zona de intensidade de nado foi recolhida informação relativa à cinemática de nado, consumo de oxigênio, concentração de lactato sanguíneo, potência mecânica e metabólica, custo energético, eficiência geral e coordenação de nado.

O protocolo teve início com dois esforços máximos de 25-m em nado crol, com 5 min de intervalo e partida da borda da piscina. O primeiro foi realizado sem reboque e segundo com reboque de um corpo hidrodinâmico por forma a estimar o arrasto ativo pelo método de perturbação da velocidade (15). Em seguida, realizou-se uma série incremental em nado crol com 30 s de intervalo, constituída por 400 m em zona de intensidade 1 (400-m Z1), 300 m em zona de intensidade 2 (300-m Z2), 200 m em zona de intensidade 3 (200-m Z3) e 100 m em zona de intensidade 4 (100-m Z4), dado serem as quatro principais zonas de intensidade utilizadas durante a prova olímpica dos 10 km (3,20,21).

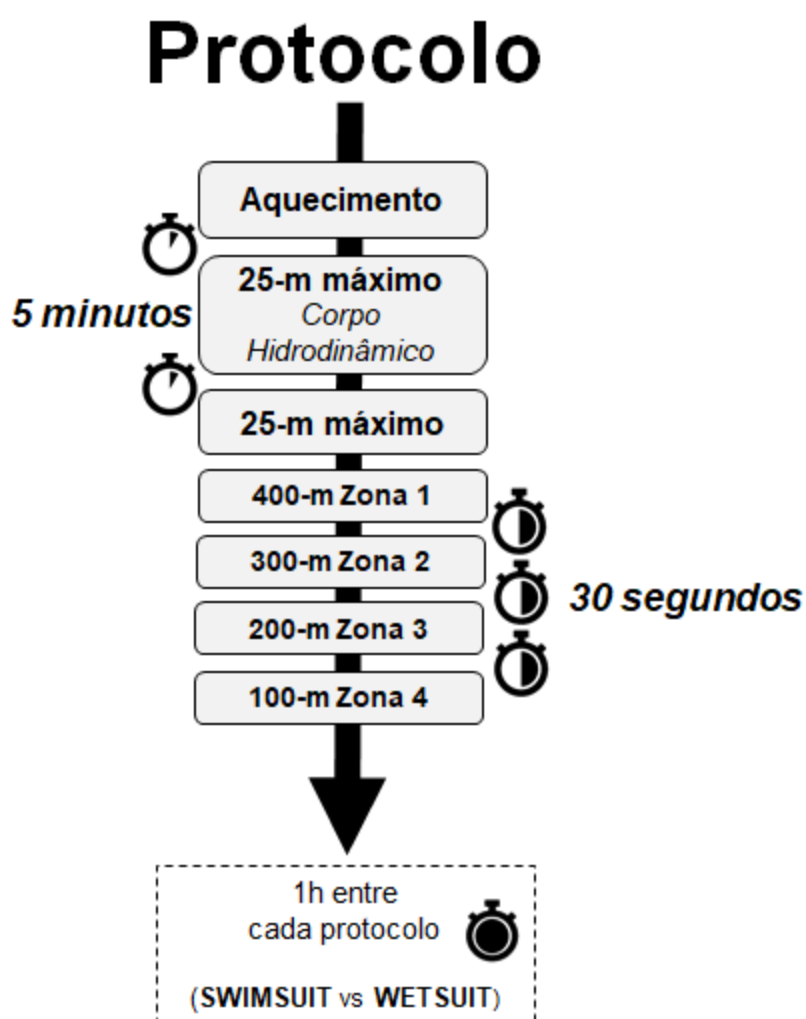


Figura 1. Sequência protocolar do estudo



Figura 2. Fatos de competição comparados neste estudo

Procedimentos

As medidas antropométricas antes da realização das avaliações. O consumo de oxigénio ($\dot{V}O_2$) foi medido respiração a respiração imediatamente após as nadadoras concluírem os 400-m Z1, 300-m Z2, 200-m Z3 e 100-m Z4 (período de recuperação), com recurso a um analisador de gases portátil (K4b², Cosmed, Rome, Italy), calibrado de acordo com as normas do fabricante (39). Os valores de $\dot{V}O_2$ foram analisados para cada uma das quatro intensidades do protocolo incremental no *software* VO₂FITTING (40), onde foram incluídos apenas os dados situados entre a média do $\dot{V}O_2 \pm 4$ DP (17,22). O $\dot{V}O_2$ pico para cada intensidade foi obtido pela retro-extrapolação dos valores de $\dot{V}O_2$ no instante zero da recuperação por meio de regressão linear aplicada aos primeiros 20 s de recuperação (16).

Para a análise das concentrações sanguíneas de lactato [La⁻] foram recolhidas amostras de sangue capilar do dedo indicador durante o repouso (Lactate Pro, Arkray, Inc, Kyoto, Japão) imediatamente após 400-m Z1, 300-m Z2, 200-m Z3 e 100-m Z4 e,

após uma vez finalizado o protocolo, no primeiro, terceiro, quinto e sétimo minuto do período de recuperação para identificar o valor pico (39).

A energia total (E_{tot}) foi estimada de acordo com di Prampero 1986 (11) e Capelli et al. 1998 (4). O custo energético (C) foi obtido pela razão entre E_{tot} estimada e a distância realizada. A potência metabólica (\dot{E} , em kW) foi estimada pela razão entre E_{tot} e o desempenho em segundos (42).

Duas câmaras de vídeo, uma de superfície e outra subaquáticas (120 fps, 1920x1080 pixels, GoPro HERO6 Black, USA) movidas com auxílio de um carrinho sobre carris para filmagem ao longo da piscina (Vilas-Boas & Santos 1994) registaram 12,5 m de nado (região definida entre dois pontos a 6,25 m de cada extremidade da piscina por forma a excluir a influência da fase de viragem). Uma região de 10 m foi delimitada dentro do campo de visão das câmaras e a velocidade média (v) foi calculada a partir do tempo necessário para o nadador completar estes 10 m em cada parcial de 25 m das distâncias analisadas. A frequência de braçadas (SR) foi calculada a partir do tempo necessário para completar três ciclos consecutivos de braçada e depois convertida em ciclos por minuto. O comprimento de braçada (SL) foi calculado a partir da razão entre a v e SR.

O Índice de Coordenação de braços (IdC) e a duração relativa das fases da braçada foram quantificados a cada 25 m nas distâncias analisadas em ambas as condições SWIMSUIT e WETSUIT (9). Para tal, foram identificados os fotogramas iniciais de cada fase da braçada, definidas como: “Fase A – Entrada e agarre da mão na água”, “Fase B – Puxada”, “Fase C – Empurre” e “Fase D – Recuperação”. O IdC foi calculado como o intervalo entre o final da fase propulsiva de um braço (Fases B e C) e o início da fase propulsiva do outro braço normalizado pela duração do ciclo de braçada. Os três modelos de coordenação atribuídos são “*catch-up*” (IdC < 0%), “oposição” (IdC = 0%) e “sobreposição” (IdC > 0%) (9). Os valores de IdC, duração das fases, v , SR e SL para cada distância das condições SWIMSUIT e WETSUIT correspondem à média dos valores observados para cada parcial.

O *drag factor* (k) das nadadoras foi calculado usando o método de perturbação da velocidade (15), sendo k metade do produto entre o coeficiente de arrasto, a área de secção transversa exposta ao escoamento e o coeficiente de arrasto. Este valor é

calculado baseado na diferença de velocidade de nado nas condições com e sem reboque do corpo hidrodinâmico de acordo com a Equação 1.

$$k = \frac{F_b V_2}{V_1^3 - V_2^3} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo F_b o arrasto do corpo hidrodinâmico, V_1 a velocidade sem o corpo hidrodinâmico e V_2 a velocidade com o corpo hidrodinâmico.

A potência mecânica de cada condição foi calculada com o produto entre o coeficiente de arrasto (k) e o cubo da velocidade média de cada distância nas duas condições, SWIMSUIT e WETSUIT (12).

A eficiência com a qual a potência metabólica é transformada em potência mecânica é designada eficiência geral, e foi estimada pela razão entre potência mecânica (em W) e potência metabólica (\dot{E} , em W) (43).

Resultados

Com o WETSUIT, as nadadoras ELITE e TOP ELITE evidenciam ser mais rápidas e económicas em todas as distâncias e zonas de intensidades avaliadas (Tab 1, Fig 4, 5 e 6). Valores de $\dot{V}O_2$ pico identificados com SWIMSUIT e WETSUIT para ambas as nadadoras ao final dos protocolos foram ELITE: 74.1 e 71.2 ml·kg·min⁻¹; TOP ELITE: 76.9 e 77.6 ml·kg·min⁻¹. Ambas as nadadoras adotaram uma estratégia de maior SR e menor SL durante os 400-m Z1, 300-m Z2 e 200-m Z3 com WETSUIT. Apesar da nadadora ELITE nadar em “catch-up” em todas as zonas de intensidade com ambos os fatos (Tab 1 e Fig 9), o IdC com WETSUIT indicia estar em maior “oposição” nas zonas de intensidade 1, 2 e 3. Com WETSUIT, o IdC da nadadora TOP ELITE surge em “sobreposição” nas zonas de intensidade 1,2 e 3, mas tende para “oposição” na zona 4. Com WETSUIT, a duração da fase A da nadadora ELITE é menor em todas as zonas de intensidade (Tab 1 e Fig 8). Já a duração desta fase para a nadadora TOP ELITE utilizando WETSUIT surge como inferior apenas nas zonas 1 e 2.

A velocidade de nado (v) da nadadora TOP ELITE foi aproximadamente 2 a 6% superior à da nadadora ELITE em todas as intensidades avaliadas (Tab 1), sendo que as diferenças relativas a v foram mais expressivas com o SWIMSUIT, principalmente nas zonas de intensidade 1 e 2 (~5 a 6%). Os valores de SR da nadadora TOP ELITE

também foram superiores com ambos os fatos, principalmente nas zonas 2 e 3, chegando a ser aproximadamente 14% superior com SWIMSUIT na zona 3 (Tab 1 e Fig 3). A nadadora TOP ELITE, contudo, apresentou valores de SL inferiores à nadadora ELITE (Tab 1 e Fig 3) principalmente na zona 3 com ambos fatos (SWIMSUIT ~10%; WETSUIT ~8%), e na zona 4 com SWIMSUIT (~11%). A potência metabólica (Tab 1 e Fig 5) e o custo energético (Tab 1 e Fig 6) da nadadora TOP ELITE foram superiores à nadadora ELITE em todas as intensidades e com ambos os fatos, mas principalmente com o SWIMSUIT. Finalmente, a nadadora ELITE apresentou valores de eficiência geral superiores à nadadora TOP ELITE em todas as zonas de intensidade, tanto com o SWIMSUIT quanto com o WETSUIT (Tab 1 e Fig 7).

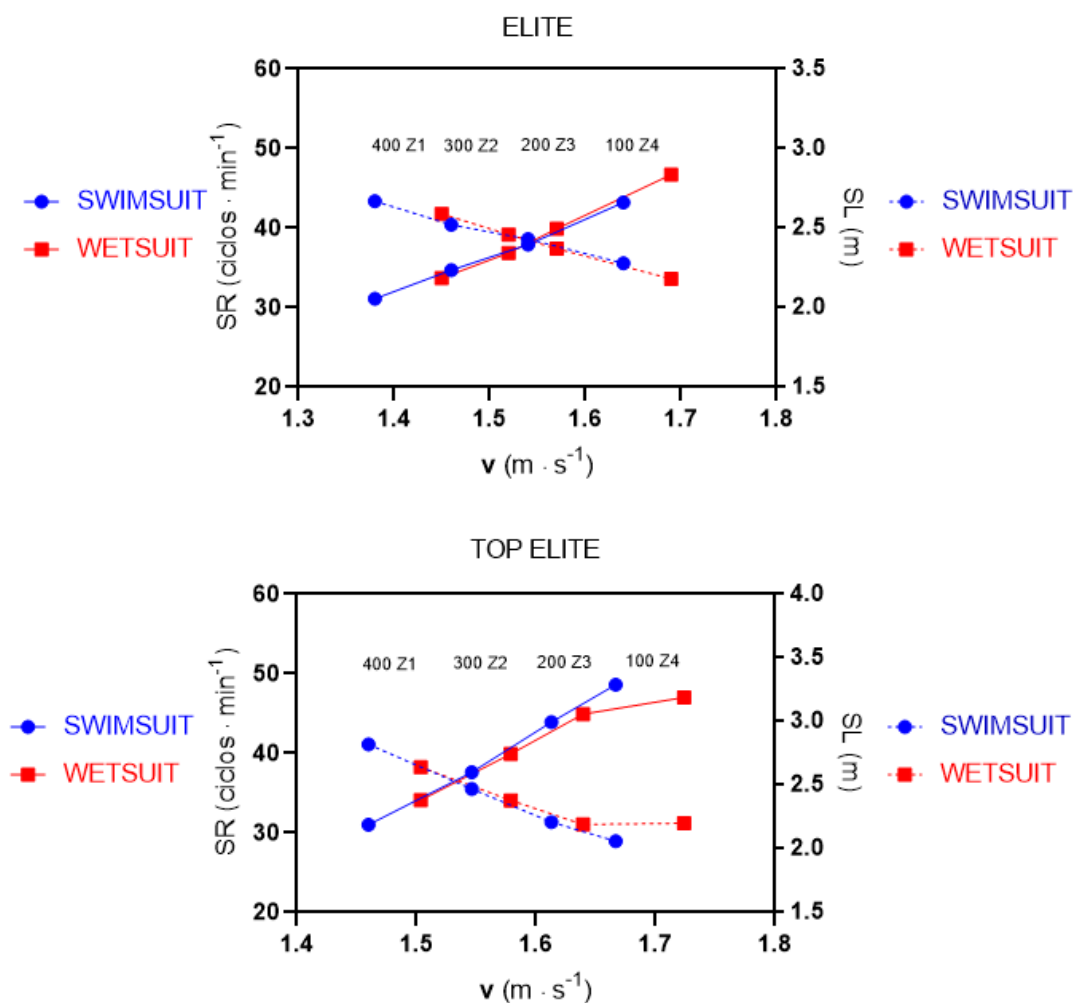


Figura 3. SR e SL com SWIMSUIT e WETSUIT em relação à velocidade média de nado em cada zona de intensidade (400-m Z1, 300-m Z2, 200-m Z3 e 100-m Z4) para ambas as nadadoras ELITE e TOP ELITE.

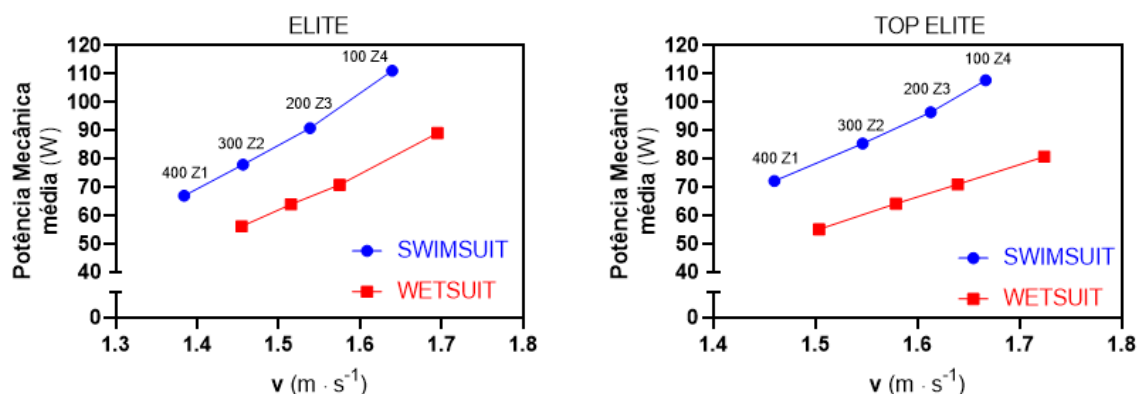


Figura 4. Potência mecânica das nadadoras ELITE e TOP ELITE, com SWIMSUIT e WETSUIT, em relação à velocidade média de nado em cada zona de intensidade.

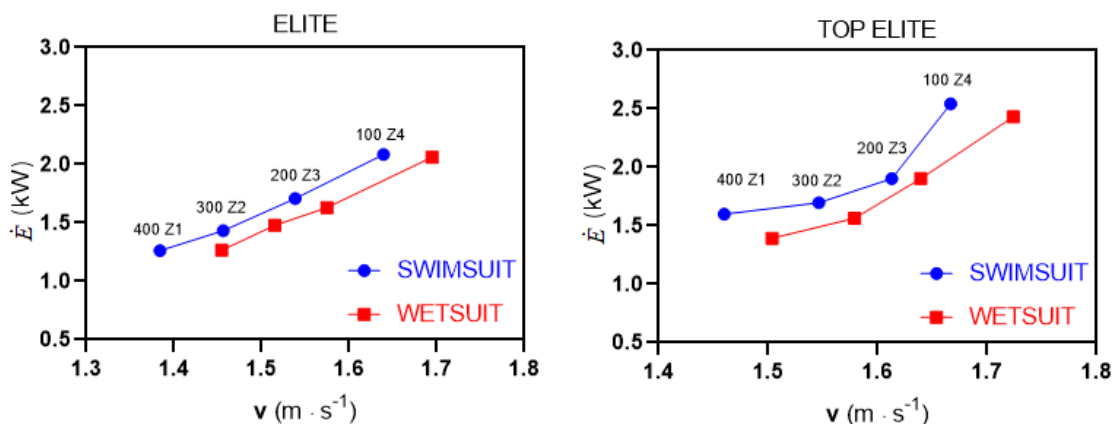


Figura 5. Potência metabólica das nadadoras ELITE e TOP ELITE, com SWIMSUIT e WETSUIT, em relação à velocidade média de nado em cada zona de intensidade.

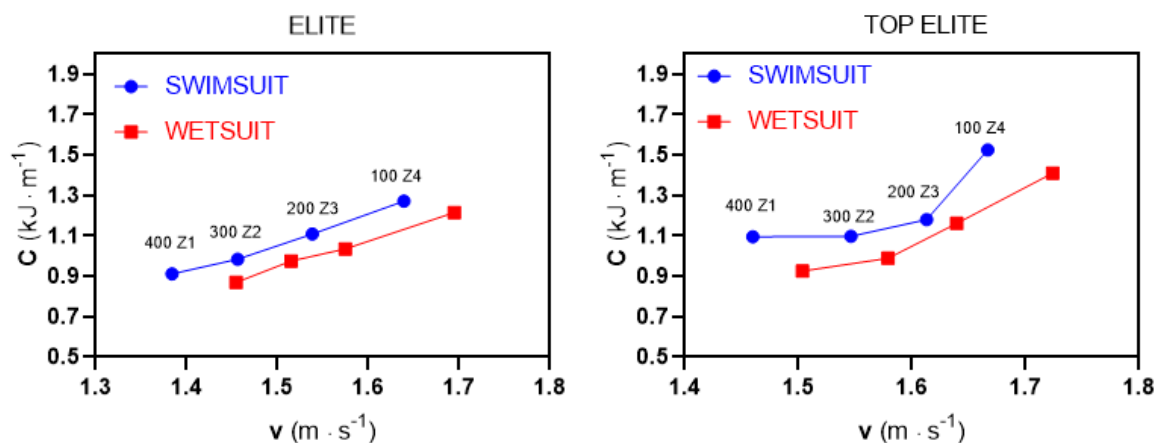


Figura 6. Custo energético das nadadoras ELITE e TOP ELITE, com SWIMSUIT e WETSUIT, em relação à velocidade média de nado em cada zona de intensidade.

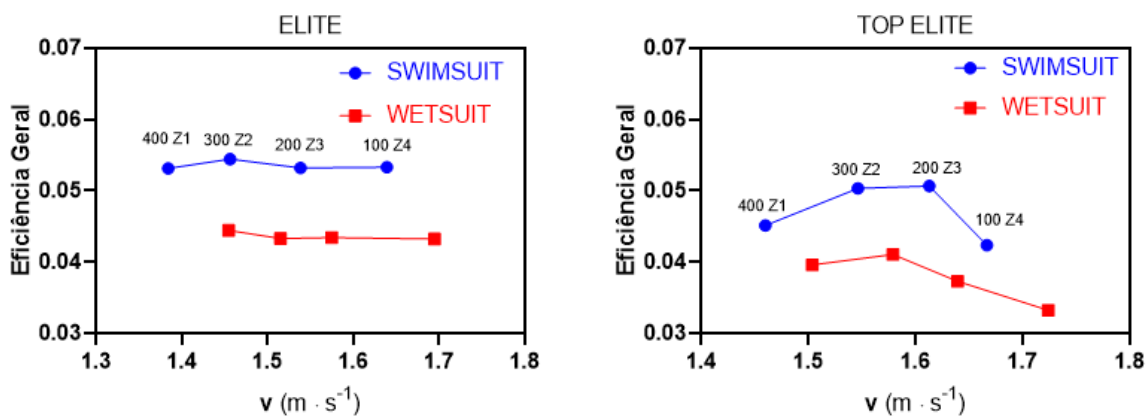


Figura 7. Eficiência geral das nadadoras ELITE e TOP ELITE, com SWIMSUIT e WETSUIT, em relação à velocidade média de nado em cada zona de intensidade.

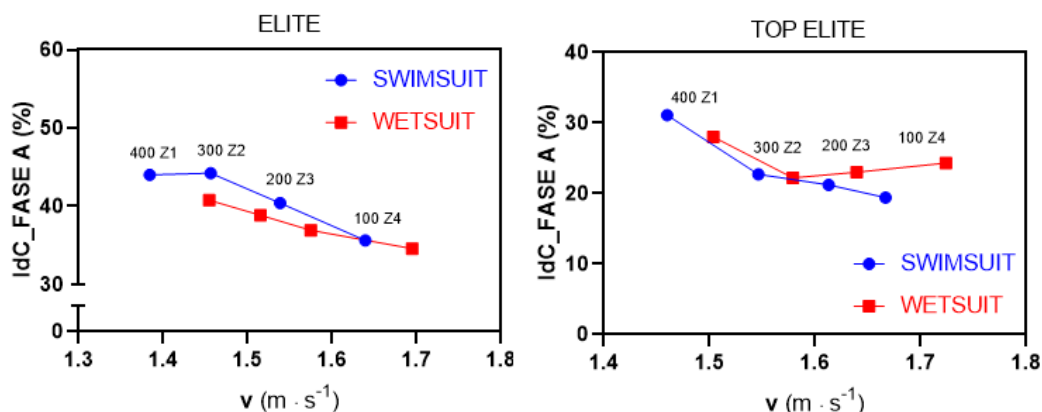


Figura 8. Percentual de contribuição da fase A e IdC das nadadoras ELITE e TOP ELITE, com SWIMSUIT e WETSUIT, em relação à velocidade média de nado em cada zona de intensidade.

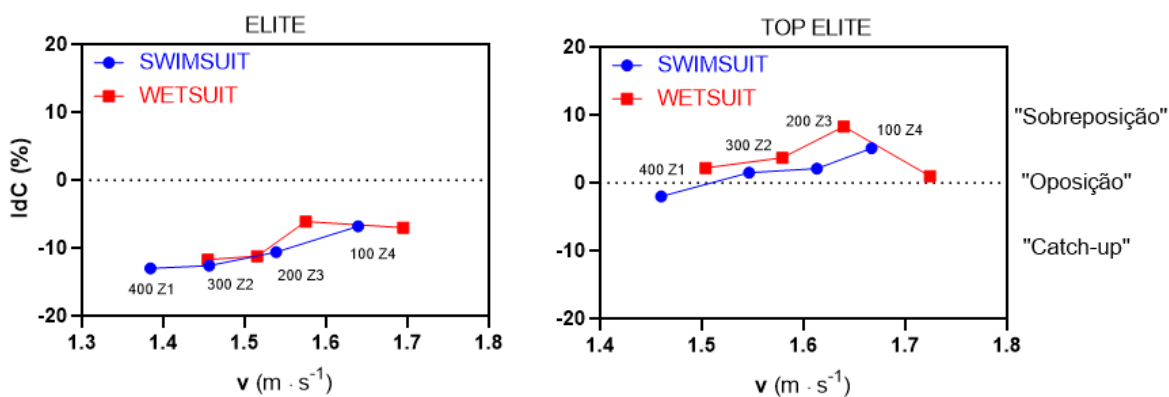


Figura 9. Valores IdC das nadadoras ELITE e TOP ELITE, com SWIMSUIT e WETSUIT, em relação à velocidade média de nado em cada zona de intensidade.

Tabela 1. Dados individuais das nadadoras ELITE e TOP ELITE relativos à cinemática, economia, eficiência geral e coordenação sob diferentes condições de nado (400-m Z1, 300-m Z2, 200-m Z3 e 100-m Z4) com ambos os fatos de competição (SWIMSUIT e WETSUIT)

	400-m Z1				300-m Z2				200-m Z3				100-m Z4			
	SWIMSUIT		WETSUIT		SWIMSUIT		WETSUIT		SWIMSUIT		WETSUIT		SWIMSUIT		WETSUIT	
	ELITE	TOP ELITE	ELITE	TOP ELITE	ELITE	TOP ELITE	ELITE	TOP ELITE	ELITE	TOP ELITE	ELITE	TOP ELITE	ELITE	TOP ELITE	ELITE	TOP ELITE
v (m·s ⁻¹)	1.38	1.46	1.45	1.50	1.46	1.55	1.52	1.58	1.54	1.61	1.57	1.64	1.64	1.67	1.69	1.72
SR (Ciclos·min ⁻¹)	31.1	31.0	33.7	34.1	34.7	37.6	36.9	39.9	37.9	43.9	39.9	44.9	43.2	48.6	46.7	47.0
SL (m)	2.67	2.82	2.59	2.64	2.52	2.47	2.46	2.38	2.43	2.21	2.37	2.19	2.28	2.06	2.18	2.20
IdC_Fase A (%)	44.0	31.1	40.8	28.0	44.2	22.7	38.8	22.2	40.4	21.2	36.9	23.0	35.6	19.4	34.6	24.3
IdC (%)	-13.0	-2.0	-11.7	2.2	-12.6	1.5	-11.2	3.7	-10.6	2.1	-6.1	8.3	-6.8	5.1	-7.0	1.0
Drag factor (k)	25.3	23.3	18.4	16.3	25.3	23.3	18.4	16.3	25.3	23.3	18.4	16.3	25.3	23.3	18.4	16.3
Potência Mecânica (W)	67.03	72.19	56.21	55.1	78.0	85.4	64.0	64.21	90.8	96.5	70.8	71.0	111.1	107.7	89.1	80.8
[La] (mmol·l ⁻¹)	2.5	2.4	2.5	3.2	2.4	3.7	2.6	3.8	4.3	7.2	4.4	6.0	5.7	9.8	6.0	7.3
VO ₂ (l·min ⁻¹)	3.8	4.6	3.6	3.9	3.9	4.7	4.1	4.3	4.4	4.7	4.1	4.8	4.4	4.9	4.2	5.0
VO ₂ (ml·kg·min ⁻¹)	60.4	71.6	60.3	61.6	66.6	72.7	68.3	66.4	73.4	72.7	69.3	74.0	74.1	76.9	71.2	77.6
Potência Metabólica, Ė (kW)	1.26	1.60	1.27	1.39	1.43	1.70	1.48	1.56	1.71	1.90	1.63	1.90	2.08	2.54	2.06	2.43
Custo Energético, C (Kj·m ⁻¹)	0.91	1.10	0.87	0.93	0.98	1.10	0.98	0.99	1.11	1.18	1.04	1.16	1.27	1.53	1.22	1.41
Eficiência Geral	0.053	0.045	0.044	0.040	0.054	0.050	0.043	0.041	0.053	0.051	0.043	0.037	0.053	0.042	0.043	0.033

v: velocidade de nado; SR: frequência de braçadas; SL: comprimento de braçadas; IdC: índice de coordenação de braços; [La-]: concentração de lactato sanguíneo; VO₂: consumo de oxigénio;

Discussão

Que seja do nosso conhecimento, este é o primeiro estudo de caso que se debruça sobre a cinemática, economia, eficiência geral e coordenação em diferentes intensidades de nado em águas abertas com SWIMSUIT e WETSUIT, e que compara os dois níveis cimeiros da Grelha de Integração - Natação Águas Abertas. Os valores de $[La]$ medidos estão de acordo com os sugeridos na literatura para as zonas de intensidades avaliadas neste estudo (20,21). Valores de $\dot{V}O_2$ pico identificados com SWIMSUIT e WETSUIT para a nadadora TOP ELITE ao final dos protocolos (SWIMSUIT: $76.9 \text{ ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$; WETSUIT: $77.6 \text{ ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$) são superiores ao do nadador campeão olímpico reportado por Pla et al. 2019 (25), o que atesta a exceção desta nadadora. Com WETSUIT, os valores de potência metabólica e custo energético foram inferiores em praticamente todas as zonas de intensidades para ambas as nadadoras. Contudo, a nadadora TOP ELITE apresentou valores superiores em todas as intensidades, e com ambos os fatos, devido à maior velocidade de nado realizada.

Neste estudo controlamos temperatura da água, do ar, humidade relativa e horário do dia. Tal requer cautela ao extrapolar os resultados para outras condições, dado que cada evento de águas abertas possui características únicas (3). As maiores velocidades verificadas ao nadar com WETSUIT estão de acordo com estudos prévios, e estarão relacionadas principalmente com a diminuição do arrasto frontal, mas também com a fricção e coeficiente de arrasto (10,31,33). O benefício do WETSUIT pode ser menor em nadadores mais eficientes, com melhor fluabilidade e em maiores velocidades (8), o que se confirma neste estudo (Tab 1).

A eficiência geral foi menor com o WETSUIT provavelmente devido ao menor arrasto, dado que as nadadoras necessitam produzir uma menor potência mecânica para uma velocidade maior nesta condição. A diferença entre fatos é mais expressiva na nadadora ELITE em zonas de intensidade 1 e 2 provavelmente por que as adaptações técnicas aos fatos sejam mais expressivas para esta nadadora nestas intensidades (13,27). Além disso a variação das velocidades absolutas dentro das zonas foi maior para a nadadora ELITE.

Ambas as nadadoras adotaram uma estratégia de maior SR e menor SL durante os as zonas 1, 2 e 3 com WETSUIT, possivelmente devido à energia usada para

flutuabilidade ter sido realocada para a propulsão (32), já que o esforço para manter o corpo na horizontal e perto da superfície foi minimizado devido à maior flutuabilidade do WETSUIT. Contudo, valores superiores de SR são um sinal de alerta para os preparadores físicos e treinadores para possíveis lesões por esforço repetitivo, em particular devido à duração longa das provas de águas abertas. Adicionalmente, os constrangimentos ao movimento causados pela espessura do WETSUIT poderão estar relacionados com a diminuição do SL.

Este estudo reporta dados de IdC de um grupo de nadadoras raramente estudada, onde foi possível verificar que a nadadora TOP ELITE, independente das zonas de intensidades avaliadas, apresentou um modelo de coordenação de braços (“sobreposição”) tipicamente observado em nadadores velocistas (28). As diferenças observadas entre a nadadora ELITE e a TOP ELITE para o modelo de coordenação (IdC) levanta objeções quanto à aceitação de um modelo único a seguir de acordo com a distância e sua eficácia (13,27).

Conclusão

A comparação entre a nadadora TOP ELITE e ELITE foi uma oportunidade rara de expandir o conhecimento das habilidades cinemáticas, energéticas e coordenativas necessárias para se alcançar o sucesso em competições de águas abertas de nível mundial. As diferenças encontradas entre estes dois níveis poderão ser úteis para nadadores e treinadores identificarem parâmetros que deverão ser incluídos nos seus regimes de treino por forma a melhorarem o seu desempenho. Além disso, os dois fatos de competição mais utilizados atualmente no circuito mundial foram utilizados neste estudo em quatro zonas de intensidades distintas por ambas nadadoras. Esta informação é relevante para que nadadores e seus treinadores conheçam as alterações induzidas pela utilização destes fatos e quais os seus efeitos em cada zona de intensidade.

Referências

1. Baldassarre R, Bonifazi M, Piacentini MF (2019a) Pacing profile in the main international open-water swimming competitions *European journal of sport science* 19:422-431 doi:10.1080/17461391.2018.1527946
2. Baldassarre R, Bonifazi M, Zamparo P, Piacentini MF (2017) Characteristics and Challenges of Open-Water Swimming Performance: A Review *International journal of sports physiology and performance* 12:1275-1284 doi:10.1123/ijsp.2017-0230
3. Baldassarre R, Pennacchi M, La Torre A, Bonifazi M, Piacentini MF (2019b) Do the fastest open-water swimmers have a higher speed in middle- and long-distance pool swimming events? *Journal of Functional Morphology and Kinesiology* 4:15 doi:https://doi.org/10.3390/jfmk4010015
4. Capelli C, Pendergast DR, Termin B (1998) Energetics of swimming at maximal speeds in humans *European journal of applied physiology and occupational physiology* 78:385-393 doi:10.1007/s004210050435
5. Cavagna GA, Kaneko M (1977) Mechanical work and efficiency in level walking and running *J Physiol* 268:467-481 doi:10.1113/jphysiol.1977.sp011866
6. Cermak NM, van Loon LJ (2013) The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid *Sports medicine (Auckland, NZ)* 43:1139-1155 doi:10.1007/s40279-013-0079-0
7. Chatard JC, Millet G (1996) Effects of wetsuit use in swimming events. Practical recommendations *Sports medicine (Auckland, NZ)* 22:70-75 doi:10.2165/00007256-199622020-00002
8. Chatard JC, Senegas X, Selles M, Dreanot P, Geysant A (1995) Wet suit effect: a comparison between competitive swimmers and triathletes *Medicine and science in sports and exercise* 27:580-586
9. Chollet D, Chabies S, Chatard JC (2000) A new index of coordination for the crawl: description and usefulness *International journal of sports medicine* 21:54-59 doi:10.1055/s-2000-8855
10. Cordain L, Kopriva R (1991) Wetsuits, body density and swimming performance *Br J Sports Med* 25:31-33 doi:10.1136/bjism.25.1.31

11. di Prampero PE (1986) The energy cost of human locomotion on land and in water *International journal of sports medicine* 7:55-72 doi:10.1055/s-2008-1025736
12. di Prampero PE, Osgnach C (2019) Chapter 9 - Energy Cost of Human Locomotion on Land and in Water. In: Zoladz JA (ed) *Muscle and Exercise Physiology*. Academic Press, pp 183-213. doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814593-7.00009-8
13. Guignard B, Rouard A, Chollet D, Hart J, Davids K, Seifert L (2017) Individual-Environment Interactions in Swimming: The Smallest Unit for Analysing the Emergence of Coordination Dynamics in Performance? *Sports medicine (Auckland, NZ)* 47:1543-1554 doi:10.1007/s40279-017-0684-4
14. Judelson DA, Bagley JR, Schumacher JM, Wiersma LD (2015) Cardiovascular and Perceptual Responses to an Ultraendurance Channel Swim: A Case Study *Wilderness & environmental medicine* 26:359-365 doi:10.1016/j.wem.2015.02.003
15. Kolmogorov SV, Duplishcheva OA (1992) Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity *Journal of biomechanics* 25:311-318 doi:10.1016/0021-9290(92)90028-y
16. Laffite LP, Vilas-Boas JP, Demarle A, Silva J, Fernandes R, Billat VL (2004) Changes in physiological and stroke parameters during a maximal 400-m free swimming test in elite swimmers *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee* 29 Suppl:S17-31
17. Lamarra N, Whipp BJ, Ward SA, Wasserman K (1987) Effect of interbreath fluctuations on characterizing exercise gas exchange kinetics *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md : 1985) 62:2003-2012 doi:10.1152/jappl.1987.62.5.2003
18. McGibbon KE, Pyne DB, Shephard ME, Thompson KG (2018) Pacing in Swimming: A Systematic Review *Sports medicine (Auckland, NZ)* 48:1621-1633 doi:10.1007/s40279-018-0901-9
19. Minetti AE (2004) Passive tools for enhancing muscle-driven motion and locomotion *The Journal of experimental biology* 207:1265-1272 doi:10.1242/jeb.00886

20. Mujika I, Busso T, Lacoste L, Barale F, Geysant A, Chatard JC (1996) Modeled responses to training and taper in competitive swimmers *Medicine and science in sports and exercise* 28:251-258 doi:10.1097/00005768-199602000-00015
21. Mujika I, Chatard JC, Busso T, Geysant A, Barale F, Lacoste L (1995) Effects of training on performance in competitive swimming *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee* 20:395-406
22. Ozyener F, Rossiter HB, Ward SA, Whipp BJ (2001) Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans *J Physiol* 533:891-902 doi:10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00891.x
23. Pelarigo JG, Denadai BS, Greco CC (2011) Stroke phases responses around maximal lactate steady state in front crawl *Journal of science and medicine in sport* 14:168.e161-168.e165 doi:10.1016/j.jsams.2010.08.004
24. Pelarigo JG, Greco CC, Denadai BS, Fernandes RJ, Vilas-Boas JP, Pendergast DR (2016) Do 5% changes around maximal lactate steady state lead to swimming biophysical modifications? *Human movement science* 49:258-266 doi:10.1016/j.humov.2016.07.009
25. Pla R, Aubry A, Resseguier N, Merino M, Toussaint JF, Hellard P (2019) Training Organization, Physiological Profile and Heart Rate Variability Changes in an Open-water World Champion *International journal of sports medicine* 40:519-527 doi:10.1055/a-0877-6981
26. Seifert L et al. (2016) Behavioural variability and motor performance: Effect of practice specialization in front crawl swimming *Human movement science* 47:141-150 doi:10.1016/j.humov.2016.03.007
27. Seifert L, Komar J, Barbosa T, Toussaint H, Millet G, Davids K (2014) Coordination pattern variability provides functional adaptations to constraints in swimming performance *Sports medicine (Auckland, NZ)* 44:1333-1345 doi:10.1007/s40279-014-0210-x
28. Seifert L, Komar J, Leprêtre PM, Lemaitre F, Chavallard F, Albery M, Houel N, Hausswirth C, Chollet D, Hellard P (2010) Swim specialty affects energy cost and motor organization *International journal of sports medicine* 31:624-630 doi:10.1055/s-0030-1255066

29. Seiler S (2010) What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *International journal of sports physiology and performance* 5:276-291
30. Suh SH, Paik IY, Jacobs K (2007) Regulation of blood glucose homeostasis during prolonged exercise *Molecules and cells* 23:272-279
31. Tomikawa M, Nomura T (2009) Relationships between swim performance, maximal oxygen uptake and peak power output when wearing a wetsuit *Journal of science and medicine in sport* 12:317-322 doi:10.1016/j.jsams.2007.10.009
32. Tomikawa M, Shimoyama Y, Ichikawa H, Nomura T (2003). The effects of triathlon wetsuits on stroke parameters, physiological parameters and performance during swimming. In: Chatard JC, editor. *Biomechanics and medicine in swimming IX*. Saint-Etienne: University of Saint-Etienne; 2003. p. 517—22.
33. Toussaint HM, Bruinink L, Coster R, De Looze M, Van Rossem B, Van Veenen R, De Groot G (1989) Effect of a triathlon wet suit on drag during swimming *Medicine and science in sports and exercise* 21:325-328
34. Tschiene P (1977) Einige neue Aspekte zur Periodisierung des Hochleistungstrainings *Leistungssport* 7:379-382
35. Ulsamer S, Rust CA, Rosemann T, Lepers R, Knechtle B (2014) Swimming performances in long distance open-water events with and without wetsuit *BMC Sports Sci Med Rehabil* 6:20 doi:10.1186/2052-1847-6-20
36. Valenzano A et al. (2016) Heart-Rate Changes After an Ultraendurance Swim From Italy to Albania: A Case Report *International journal of sports physiology and performance* 11:407-409 doi:10.1123/ijsp.2015-0035
37. van Loon LJ, Greenhaff PL, Constantin-Teodosiu D, Saris WH, Wagenmakers AJ (2001) The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans *J Physiol* 536:295-304 doi:10.1111/j.1469-7793.2001.00295.x
38. Vilas-Boas JP, Santos P (1994) Comparison of Swimming Economy in Three Breaststroke Techniques. Mutoh Y, Miyashita M, Richardson AB (eds): *Medicine and Science in Aquatic Sports*. 10th FINA World Sport Medicine Congress, Kyoto, October 1993. *Med Sport Sci*. Basel, Karger, 1994, vol 39, pp 48-54 <https://doi.org/10.1159/000423705>

39. Zacca R et al. (2019a) Effects of detraining in age-group swimmers performance, energetics and kinematics *Journal of sports sciences* 37:1490-1498 doi:10.1080/02640414.2019.1572434
40. Zacca R, Azevedo R, Figueiredo P, Vilas-Boas JP, Castro FAS, Pyne DB, Fernandes RJ (2019b) VO(2)FITTING: A Free and Open-Source Software for Modelling Oxygen Uptake Kinetics in Swimming and other Exercise Modalities *Sports (Basel, Switzerland)* 7 doi:10.3390/sports7020031
41. Zamparo P, Bonifazi M, Faina M, Milan A, Sardella F, Schena F, Capelli C (2005) Energy cost of swimming of elite long-distance swimmers *European journal of applied physiology* 94:697-704 doi:10.1007/s00421-005-1337-0
42. Zamparo P, Capelli C, Pendergast D (2011) Energetics of swimming: a historical perspective *European journal of applied physiology* 111:367-378 doi:10.1007/s00421-010-1433-7
43. Zamparo P, Swaine IL (2012) Mechanical and propelling efficiency in swimming derived from exercise using a laboratory-based whole-body swimming ergometer *Journal of applied physiology (Bethesda, Md : 1985)* 113:584-594 doi:10.1152/jappphysiol.00324.2012