

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA

Juliana Stela Jahn Dias

**ESTIMATIVA DE EFICIÊNCIA PROPULSIVA DA BRAÇADA DE JOVENS
NADADORES: COMPARAÇÕES ENTRE SEXOS E CORRELAÇÕES**

Porto Alegre

2024

Juliana Stela Jahn Dias

**ESTIMATIVA DE EFICIÊNCIA PROPULSIVA DA BRAÇADA DE JOVENS
NADADORES: COMPARAÇÕES ENTRE SEXOS E CORRELAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso
como exigência parcial para
obtenção do título de bacharela em
Educação Física pela Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro

Porto Alegre

2024

Juliana Stela Jahn Dias

**ESTIMATIVA DE EFICIÊNCIA PROPULSIVA DA BRAÇADA DE JOVENS
NADADORES**

Conceito final: A

Aprovado em: 26 de fevereiro de 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jean Marcel Geremia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Orientador - Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Flávio Antônio de Souza Castro, por todo o apoio, incentivo e ajuda na realização deste trabalho, da escolha do tema até sua conclusão.

Agradeço a Deus.

Agradeço a minha família, minha mãe Genecí Maristela Jahn Dias, ao meu pai Julio Cezar Britz Dias e minha irmã Cristiane Roberta Jahn Dias. Por todo o apoio e incentivo nesses anos de curso. A ajuda deles nesses anos foi fundamental para eu conseguir conciliar a graduação com o trabalho.

Agradeço ao meu namorado Henrique Luis Ribeiro Machado pelo incentivo, apoio e compreensão.

Agradeço aos meus amigos e amigas que entenderam minha ausência nesse período de escrita.

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID) e a todas as pessoas que conheci e convivi nesses anos: professores, professoras, colegas e funcionários.

RESUMO

Objetivos: estimar a eficiência propulsiva (EP) da braçada de jovens nadadores utilizando método simplificado. Comparar, entre meninos e meninas: as características antropométricas e de maturação; as variáveis cinemáticas globais de nado; a eficiência propulsiva da braçada. Verificar as relações entre (i) a eficiência propulsiva da braçada e: o desempenho em 200 m nado *crawl*; e (ii) as variáveis cinemáticas globais de nado. **Métodos:** participaram 19 nadadores, 11 meninas ($10,0 \pm 1,3$ anos) e 8 meninos ($10,6 \pm 1,0$ anos), todos inseridos na natação competitiva. Cada nadador realizou teste máximo de 200 m nado *crawl* (T200). O desempenho (Des) do T200 e o(s) tempo(s) para nadar 10 m e realizar três ciclos consecutivos de braçadas foram coletados. Assim, as variáveis cinemáticas globais de nado: velocidade média de nado (VN), frequência média de ciclos de braçada (FCB) e distância média de braçada (DCB) foram calculadas. Além disso, características antropométricas e maturação também foram avaliadas. A distribuição foi testada com aplicação do teste de Shapiro-Wilk. A comparação das variáveis foi realizada com teste t de Student para amostras independentes, com aplicação concomitante do teste de Levene. Efeitos de sexo foram calculados e categorizados com δ de Hedges. As correlações foram verificadas com aplicação do Teste de Correlação Linear Produto-Momento de Pearson. O nível de significância adotado foi de 0,05 e utilizaram-se os programas EXCEL e SPSS 20.0. **Resultados:** de modo geral, similares características antropométricas e maturacionais entre meninos e meninas. Pode-se verificar que meninos e meninas apresentaram valores similares para todas as variáveis analisadas. Os tamanhos de efeito de sexo foram triviais para Des T200 e DCB e moderados para FCB, VN e EP. Pode-se verificar que as correlações de EP com Des T200 e VN foram significativas: quanto maior a EP, melhor o Des e maior a VN.

Palavras-chave: Eficiência propulsiva. Jovens nadadores. Natação. *Crawl*.

ABSTRACT

Purpose: to estimate the propulsive efficiency (EP) of the stroke of young swimmers using a simplified method. Compare, between boys and girls: anthropometric and maturation characteristics; the global kinematic variables of swimming; the propulsive efficiency of the stroke. Verify the relationships between the propulsive efficiency of the stroke and: performance in 200 m front crawl (T200); and global swimming kinematic variables. **Methods:** 19 swimmers participated, 11 girls (10.0 ± 1.3 years) and 8 boys (10.6 ± 1.0 years), all involved in competitive swimming. Each swimmer performed a maximum test of 200 m. T200 performance (Des) and time(s) to swim 10 m and perform three consecutive stroke cycles were collected. Thus, the global swimming kinematic variables: average swimming speed (VN), average frequency of stroke cycles (FCB) and average stroke distance (DCB) were calculated. Furthermore, anthropometric characteristics and maturation were also evaluated. The distribution was tested using the Shapiro-Wilk test. Comparison of variables was performed using Student's t test for independent samples, with concomitant application of Levene's test. Sex effects were calculated and categorized with Hedges' d . Correlations were verified using Pearson's Linear Product-Moment Correlation Test. The significance level adopted was 0.05 and the EXCEL and SPSS 20.0 programs were used. **Results:** in general, similar anthropometric and maturational characteristics between boys and girls. Boys and girls presented similar values for all variables analyzed. Sex effect sizes were trivial for Des T200 and DCB and moderate for FCB, VN, and EP. It can be seen that the correlations of EP with Des T200 and VN were significant: the higher the EP, the better the Des and the higher the VN.

Keywords: Propulsive efficiency. Young swimmers. Swimming. Crawl.

SUMÁRIO

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 OBJETIVOS | 10 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 10 |
| 2.2 Objetivo específico..... | 10 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA | 11 |
| 3.1 Nado <i>crawl</i> | 11 |
| 3.2 Eficiência | 12 |
| 3.3 Cinemática..... | 13 |
| 3.4 Maturação..... | 14 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS | 15 |
| 4.1 Participantes | 15 |
| 4.2 Antropometria e maturação..... | 15 |
| 4.3 Desempenho e cinemática..... | 16 |
| 4.4 Análise estatística | 17 |
| 5 RESULTADOS | 18 |
| 6 DISCUSSÃO | 21 |
| 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 24 |

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento de popularidade da natação competitiva, surgiu o interesse sobre quais os fatores que influenciam o desempenho na natação. Este sendo um esporte de marca, aquele que realiza determinada distância em um menor tempo, sob as regras estabelecidas, é o vencedor (CARDOSO e CASTRO 2022, CASTRO *et al.* 2005). De forma competitiva, os atletas utilizam quatro nados para gerar propulsão e progredir: *crawl*, costas, peito e golfinho (FIORI, 2018). O nado mais utilizado em competições e o mais rápido é o nado *crawl* (EVANS, 2009). Dessa forma, cada vez mais surge o interesse em saber o que faz um atleta ser mais rápido do que os demais.

Uma forma interessante de se avaliar o desempenho na natação é realizar o cálculo de estimativa da eficiência propulsiva da braçada. Por enquanto, segundo Cardoso e Castro (2022), este conceito é pouco conhecido pelos treinadores. Apesar de existirem alguns estudos (TOUSSAINT, 1988; FALK-GIULIANO *et al.*, 2022; SILVEIRA *et al.*, 2017) sobre esse tema, existem poucos conhecimentos a respeito da eficiência propulsiva de jovens nadadores (ZAMPARO, 2006).

A eficiência propulsiva da braçada (EP) é o percentual de força exercida por um nadador, no meio aquático, que realmente o leva à frente (CASTRO *et al.* 2021; ZAMPARO *et al.* 2005). Calculando a eficiência propulsiva, é possível saber qual o percentual de força realizada pelo nadador realmente o faz deslocar à frente. Durante o nado os nadadores precisam evitar acelerar massas de água em direções não propulsivas (TOUSSAINT e TRUIJENS, 2005) e vencer o arrasto hidrodinâmico produzido pelo aumento da velocidade, utilizando um modelo coordenativo adequado (SEIFERT, BOULESTEIX, CHOLLET, 2004).

Conforme Castro e Mota (2008) o meio aquático ao mesmo tempo em que recebe as forças propulsivas produzidas pelo nadador, oferece grande resistência ao seu deslocamento. Sendo assim, a habilidade técnica do atleta é muito importante para que ele consiga produzir energia capaz de gerar propulsão, reduzindo as resistências do meio, como exemplo: o arrasto. O

arrasto é uma força contrária ao movimento e conforme o aumento da velocidade, ele aumenta também.

Segundo Fiori (2018) uma forma de se avaliar a técnica do nadador e suas alterações em diferentes velocidades é através da cinemática de nado. A cinemática é a área da física que estuda o movimento a partir da posição, do tempo, da velocidade e da aceleração. Nesse estudo as variáveis cinemáticas: a frequência média de ciclos de braçadas (FCB), a distância média percorrida por ciclo de braçada (DCB) e a velocidade média de nado (VN) foram utilizadas.

De acordo com Castro e Mota (2008); Fiori (2018) e Hay, Guimarães e Grimston (1983) DCB é definida como a distância, em metros, que o corpo do nadador se move para frente a cada ciclo de braçada. Quanto à FCB, é definida como o número de ciclos realizados pelo nadador a cada unidade de tempo. Já a velocidade média de nado (VN) é o resultado da multiplicação entre a frequência média de ciclos de braçada (FCB) e a distância média percorrida a cada ciclo de braçada (DCB). Dessa forma, aumentos ou diminuições na VN são devidos a combinações entre FCB e DCB (CASTRO E MOTA, 2008).

Adultos e crianças têm diferentes valores de variáveis cinemáticas de nado e de características antropométricas, o que pode levar à diferente técnica de nado. Porém, existem poucos estudos sobre a EP de jovens nadadores. Além disso, nos estudos realizados com crianças e adolescentes é importante o controle não só da idade cronológica, mas, também da idade biológica, que diz respeito à maturação. Diferentes formas de avaliar a maturação foram criadas, entre elas: avaliações de características sexuais secundárias, avaliação por meio de radiografias, avaliação em relação à menarca e avaliação através de características antropométricas (MIRWALD *et al.*, 2002). Essa última se mostrou mais factível por não ser um método invasivo e por exigir poucos recursos.

De tal modo, surge o problema de pesquisa: como será a eficiência propulsiva da braçada de jovens nadadores? Para responder este problema, foi elaborado o objetivo de estimar a eficiência propulsiva da braçada de jovens nadadores.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estimar a eficiência propulsiva da braçada de jovens nadadores utilizando método simplificado.

2.2 Objetivos específicos

1. Comparar, entre meninos e meninas:
 - a. as características antropométricas e de maturação;
 - b. as variáveis cinemáticas globais de nado;
 - c. a eficiência propulsiva da braçada.
2. Verificar as relações entre a eficiência propulsiva da braçada e:
 - a. o desempenho em 200 m nado *crawl*;
 - b. as variáveis cinemáticas globais de nado.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Nado *crawl*

Quando ouvimos a falar sobre natação, a imagem que geralmente nos vem à mente é a de alguém nadando *crawl* (EVANS, 2009). O nado *crawl* é o mais rápido, o mais utilizado nos eventos de natação e geralmente o primeiro a ser ensinado (EVANS, 2009).

Este nado se caracteriza por ser um nado alternado (pela movimentação alternada dos membros superiores e inferiores) e é realizado em decúbito ventral (GIULIANO, 2020). Segundo Maglischo (2010) um ciclo desse nado consiste em uma braçada direita, uma braçada esquerda e um número variável de pernadas. Além disso, a respiração pode ser coordenada de diferentes formas, respirando de forma unilateral (apenas para um dos lados) ou bilateral (respirando para ambos os lados e alternando). Ainda, no nado *crawl* é importante o rolamento do corpo no eixo longitudinal (PSYCHARAKIS E SANDERS, 2008). Segundo Chollet; Chalies e Chatard (2000), a braçada completa do nado *crawl* é dividida em quatro fases:

(i) Entrada e apoio da mão na água: fase em que a mão entra na água, à frente do respectivo ombro e desloca-se para frente e para baixo em baixa velocidade, antes de começar o movimento para trás;

(ii) Puxada: fase em que a mão começa a se movimentar para trás, iniciando a propulsão até chegar no plano vertical do ombro;

(iii) Empurrada: fase em que a mão desloca de uma posição abaixo do ombro até a sua saída da água.

(iv) Recuperação: Fase em que a mão sai da água para a próxima entrada.

As fases propulsivas da braçada são as fases de puxada e empurrada. Segundo Evans (2009, p. 35) “o que interessa na natação em alta velocidade é o que ocorre debaixo da água”, ela cita essa frase ao comentar sobre a recuperação não ter importância e que cada atleta deve escolher o grau ideal de flexão do cotovelo e de rotação de ombro. Todos os nadadores devem buscar o aprimoramento da técnica durante as sessões de treinamento

(EVANS, 2009. p. 24) “A técnica de nado é a base da natação rápida e eficiente” (EVANS, 2009).

Segundo Toussaint e Truijens (2005) para nadar mais rápido é necessário: (1) habilidade em produzir energia, gerando altas forças propulsivas; (2) habilidade em reduzir as forças de arrasto (do meio aquático), (3) capacidade de reduzir as perdas de força ao empurrar a água. O arrasto é uma força contrária ao movimento (MAGLISCHO, 2010, p. 5)

3.2 Eficiência

A eficiência propulsiva da braçada pode ser entendida como o “percentual da força aplicada pelo nadador na água que realmente o leva à frente” (CARDOSO E CASTRO, 2022; CASTRO *et al.*, 2021; ZAMPARO *et al.* 2005; ZAMPARO, 2006). A eficiência propulsiva (EP) é definida como a razão entre o trabalho útil (W_d) e a produção total de trabalho (W_{tot}):

$$EP = \frac{W_d}{W_{tot}}$$

Na locomoção aquática, W_{tot} é a soma de dois termos: o trabalho necessário para acelerar e desacelerar os membros em relação ao centro de massa (o trabalho interno, W_{int}) e o trabalho necessário para superar forças externas (o trabalho externo). Este último, por sua vez, pode ser subdividido em: W_d , que é o trabalho mecânico útil, que é necessário para superar a resistência hidrodinâmica, e W_k o trabalho que não contribui para o impulso, ambos os tipos de trabalho fornecem energia cinética à água, mas apenas W_d contribui efetivamente para a propulsão (ALEXANDER, 1983; TOUSSAINT, 1990; ZAMPARO *et al.* 2002; ZAMPARO *et al.* 2005; ZAMPARO, 2006).

Há diferentes métodos que buscam estimar a EP de um nadador (PETERSON *et al.* 2019). Destacam-se os métodos cinemáticos, em duas ou três dimensões, por serem mais acessíveis (CARDOSO E CASTRO, 2022; CASTRO *et al.*, 2021). A EP pode ser estimada pelo quociente entre a velocidade do centro de massa e a velocidade da mão (HOLLANDER *et al.*, 1986) e pelo quociente entre a velocidade de natação tridimensional e a velocidade tridimensional da mão (ALEXANDER, 1983; FIGUEIREDO *et al.*, 2011; GOMES, BOEIRA e LOSS, 2017). Porém, ambos os métodos exigem a

coleta e tratamento de imagens subaquáticas para a obtenção da velocidade do centro de massa e velocidade da mão, o que, na rotina de professores e treinadores de natação, não é viável (CASTRO *et al.*, 2021).

Dessa forma, Zamparo *et al.* (2005) propuseram um modelo simplificado para estimativa de EP. Neste modelo simplificado, EP é estimada considerando a distância entre o ombro e a mão ao final da fase de puxada, a velocidade de nado (v) e a frequência de braçada (FCB). Assim, assume-se que (i) o membro superior é um segmento rígido de comprimento L e que se move a uma velocidade angular constante em torno do ombro durante a fase subaquática e (ii) a propulsão gerada a partir dos membros superiores é responsável por 90% da velocidade (v) (MORRIS *et al.*, 2016). Os componentes desta equação são mais simples de obter, exigindo apenas cronômetros e medições precisas de distância, para identificar a média da velocidade pura em natação (sem a influência de saídas e viradas) e a média da frequência de braçada (CASTRO *et al.* 2021). Já L pode ser obtido por métodos trigonométricos ou de referências específicas (ZAMPARO, 2006). Por outro lado, uma limitação importante de todos os métodos de estimativa da EP é que se referem, apenas, às contribuições das braçadas, deste modo, assume-se que EP é da braçada, e não do nado.

3.3 Cinemática

A distância média percorrida por ciclo de braçadas (DCB), a frequência média de braçadas (FCB) e a velocidade média de nado (VN) são variáveis que auxiliam na avaliação do desempenho do nado, mais utilizadas pelos treinadores e atletas (CASTRO *et al.* 2005). A distância média percorrida por ciclo de braçadas (DCB) é definido como a distância percorrida pelo corpo a cada ciclo (HAY, GUIMARÃES e GRIMSTON 1983). Um ciclo de braçadas no estilo “*crawl*” é definido pela entrada de uma mão na água até a próxima entrada da mesma mão na água (CASTRO *et al.* 2005). Ela é influenciada pelas forças aplicadas pelo nadador na água e pelas forças da água sobre o nadador (CASTRO *et al.*, 2005; FIORI, 2018). A DCB pode ser estimada por meio do quociente entre a velocidade média de nado (VN) e a frequência média de braçadas (FCB) (CORREIA, 2016; FIORI, 2018). Toussaint e Beek

(1992) afirmam que DCB fornece uma boa indicação da eficiência propulsiva e pode ser utilizado para avaliar progressos na técnica de nado (CASTRO *et al.*, 2005).

A frequência média de braçadas (FCB) é o número de ciclos de braçadas executados em um intervalo de tempo (CHOLLET, CHARLIES & CHATARD, 2000) e pode ser expressa em ciclos por segundo ($\text{ciclos}\cdot\text{s}^{-1}$ ou Hz) ou ciclos por minutos ($\text{ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$). É dependente do tempo gasto nas fases de propulsão e de recuperação da braçada (HAY, GUIMARÃES e GRIMSTON, 1983).

A velocidade média de nado (VN) é o produto entre FCB e DCB. Sendo assim, a velocidade de nado é composta por essas duas variáveis. Para ocorrer uma mudança na velocidade de nado é necessário o aumento ou diminuição na FCB e/ou na DCB (CASTRO e MOTA, 2008). No estudo de Castro *et al.* (2005) com nadadores fundistas, velocistas e triatletas a estratégia adotada para aumentar a velocidade de nado, em resposta à intensidade solicitada, foi de aumentar a FCB e reduzir a DCB.

3.4 Maturação

Geralmente, nos esportes, a idade cronológica é usada para alocar os atletas em categorias. Porém, quando se trata de crianças e adolescentes, a variabilidade no crescimento somático e biológico entre sujeitos da mesma idade cronológica é grande, principalmente em torno do “estirão” de crescimento na adolescência (MIRWALD *et al.*, 2002; TANNER, 1978). Estudos com crianças adolescentes precisam controlar os efeitos confusos da maturação.

Mirwald *et al.* (2002) desenvolveram um método simples e não invasivo para avaliar o status de maturidade em crianças e adolescentes, a partir do pico da velocidade de crescimento, que pode ser previsto com um grau razoável de precisão medindo variáveis antropométricas (altura, altura sentada, massa corporal) e idade cronológica, que indica a *maturity offset* (MO), com nível de precisão suficiente para que a adolescência receba uma classificação maturacional.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Participantes

Dezenove nadadores, 11 meninas ($10,0 \pm 1,3$ anos) e 8 meninos ($10,6 \pm 1,0$ anos), todos inseridos na natação competitiva, se voluntariaram para participar do presente estudo. Cada atleta e seu responsável legal assinaram um termo de consentimento antes de participar. Os participantes costumavam nadar 3 a 5 vezes por semana, 1.000 a 2.000 m por sessão e estavam envolvidos em programa de treinamento de natação por pelo menos seis meses. A coleta de dados foi realizada ao final do segundo macrociclo, 37 semanas após a pré-temporada. Os dados foram coletados de 24 a 48 horas após a principal competição do macrociclo. Esta pesquisa foi devidamente aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição sob o número 20416119.5.0000.5347.

4.2 Antropometria e maturação

Estatutura, envergadura, massa corporal total, altura sentado e comprimento de perna foram medidas de acordo com Heyward e Stolarczyk (1996). Foram aplicadas equações (uma para cada sexo) de estimativa de maturação por meio de dados antropométricos e idade (MIRWALD *et al.*, 2002). As equações indicam, em anos, até que ponto o sujeito está se aproximando ou se afastando (se já tiver passado) do pico de velocidade de crescimento. A partir dos dados antropométricos e da idade, foram utilizadas as equações de compensação de maturidade de Mirwald *et al.*, (2002, que são específicas do sexo, considerando significância biológica e estatística para prever a maturidade. O deslocamento de maturidade indica, em meses, o quanto o sujeito está se aproximando ou se afastando (caso ainda não tenha passado) do PHV. As equações para meninos (Equação 1) e meninas (Equação 2) são:

$$\text{"BMO}=-9,236+\text{"[0,0002708** ("CP*AS")]}-\text{"[0,001663** ("ID*CP")]}+\text{"[0,007216*(ID*AS)+\{0,02292*[("MC" /"EST")"*100]]}$$

$$GMO = -9,376 + [0,0001882 * (CP * AS)] + [0,0022 * (ID * CP)] + [0,005847 * (A * AS)] - [0,002658 * (ID * MC)] + \{0,07693 * \left(\frac{MC}{EST}\right) * 100\}$$

Equação 2

Onde BMO e GMO são, respectivamente, compensação de maturidade de meninos e meninas; CP é o comprimento da perna; AS é a altura sentado; ID é idade; MC é massa corporal e EST é altura (MIRWALD *et al.*, 2002). Dessa forma, resultados com valores negativos indicam quanto falta para atingir o PHV e valores positivos indicam que está passando ou já passou pelo PHV.

4.3 Desempenho e cinemática

Cada nadador realizou teste máximo de 200 m (T200) nadando crawl em uma piscina aberta de 25 m, com temperatura da água e do ar de ~26°C e ~28°C, respectivamente. Os dados cinemáticos foram obtidos em um trecho de 10 m no meio da piscina, dos últimos 25 m de cada intervalo de 50 m. Os 10 m estavam a 7,5 m de cada extremidade da piscina, marcados com cones, para excluir a influência da fase de virada (ZACCA *et al.*, 2019). O desempenho do T200 e o(s) tempo(s) para nadar os 10 m e realizar três ciclos consecutivos de braçadas de membros superiores foram coletados manualmente (HAY, GUIMARÃES e GRIMSTON, 1983) com cronômetros (CASIO HS-70w, Japão). Assim, as variáveis cinemáticas globais de nado: velocidade média de nado (VN, em m/s), frequência média de ciclos de braçada (FCB, em ciclos/min) e distância média percorrida pelo corpo a cada ciclo de braçada (DCB, em m) foram calculadas, respectivamente, com as Equações 3, 4 e 5:

$$VN = \frac{10 \text{ m}}{t \text{ } 10 \text{ m (s)}}$$

Equação 3

$$FCB = \frac{3 \text{ ciclos}}{t \text{ } 3 \text{ ciclos (s)}}$$

Equação 4

$$DCB = \frac{VN}{FCB}$$

Equação 5

Onde t é tempo em s. Em seguida, foram calculados os valores médios a partir dos quatro intervalos de 50 m. Para calcular a eficiência propulsiva média da braçada (EP) foi utilizada a equação simplificada proposta por Zamparo (2006) (Equação 6):

$$EP = \left(\left(\frac{VN * 0,9}{2 * \pi * FCB * l} \right) * \frac{2}{\pi} \right) * 100$$

Equação 6

Onde L = distância entre o ombro e a mão quando a mão está abaixo do ombro nas fases de puxar, empurrar e transição. " L " foi estimada por regressão linear entre os dados individuais de estatura e os valores de " L " de Zamparo (2006), para jovens nadadores de ambos os sexos. Esta regressão linear entre estatura (est) e L apresentou $R^2 = 0,956$. A Equação de predição de L foi definida como (Equação 7):

$$L = (0,341 * est) - 0,0581$$

Equação 7

Deste modo, utilizando-se a Equação 5 e a estatura de cada participante, foi estimado, individualmente, L para cada nadador do presente estudo.

4.4 Análise estatística

A distribuição foi testada com aplicação do teste de Shapiro-Wilk, confirmado que os dados eram paramétricos, foram calculadas médias, desvios-padrão e limites dos intervalos de confiança das médias para 95%. A comparação das variáveis foi realizada com teste t de Student para amostras independentes, com aplicação concomitante do teste de Levene. Efeitos de sexo foram calculados com δ de Hedges, cuja categorização foi: 0 a 0,19 trivial, 0,2 a 0,59 pequeno, 0,6 a 1,19 moderado, 1,2 a 1,99 grande, 2,0 a 3,99 muito grande e $>4,0$ praticamente perfeito (HOPKINS, 2020). As correlações foram verificadas com aplicação do Teste de Correlação Linear Produto-Momento de Pearson. O nível de significância adotado foi de 0,05 e utilizaram-se os programas EXCEL e SPSS 20.0.

5 RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as características dos participantes deste estudo por sexo e geral. Pode-se verificar que meninos e meninas apresentaram similares valores de idade, estatura, envergadura e *maturity offset* (MO), com tamanhos de efeito pequeno de sexo sobre MO e moderado sobre as outras variáveis, o que indica similares características antropométricas e maturacionais entre meninos e meninas. Apenas massa corporal total foi maior nos meninos, com tamanho de efeito também moderado.

Tabela 1 – Características dos participantes, agrupados e por sexo, e comparações entre os sexos.

| | Geral n = 19 | Meninas n = 12 | Meninos n = 7 | <i>p</i> ; δ de Hedges |
|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Idade (anos) | 10,5 ± 1,25 [7,9 a 12,2] | 10,2 ± 1,33 [9,3 a 11,06] | 11,0 ± 0,99 [10,0 a 11,9] | 0,19; 0,65 |
| Estatura (cm) | 143,8 ± 9,8 [133,0 a 169,0] | 140,7 ± 8,2 [135,5 a 146,0] | 149,1 ± 10,6 [135,5 a 146,0] | 0,07; 0,92 |
| Envergadura (cm) | 149,9 ± 11,5 [136,0 a 175,5] | 145,7 ± 9,9 [139,4 a 152,1] | 156,0 ± 11,9 [144,9 a 167,0] | 0,06; 0,96 |
| Massa corporal total (kg) | 38,1 ± 8,3 [28,0 a 55,0] | 35,1 ± 6,8 [30,8 a 39,5] | 43,2 ± 8,7 [35,2 a 51,3] | 0,03; 1,07 |
| <i>Maturity offset</i> (anos) | -1,71 ± 0,98 [-2,24 a -1,29] | -1,57 ± 1,12 [-2,29 a -0,86] | -2,10 ± 0,64 [-2,69 a -1,50] | 0,27; 0,54 |

Dados de desempenho, parâmetros cinemáticos e de eficiência propulsiva da braçada, do teste de 200 m, estão na Tabela 2. Pode-se verificar que meninos e meninas apresentaram similares valores para todas as variáveis analisadas. Os tamanhos de efeito de sexo foram triviais para Des T200 e DCB e moderados para as outras variáveis, incluído a EP.

Tabela 2 – Dados de desempenho, dos parâmetros cinemáticos e da eficiência propulsiva da braçada, agrupados e por sexo, e comparações entre os sexos.

| | Geral n = 19 | Meninas n = 12 | Meninos n = 7 | p ; δ de Hedges |
|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Des T200 (s) | 226,4 ± 33,6 [210,2 a 242,6] | 236,2 ± 36,6 [212,9 a 259,5] | 209,6 ± 20,6 [190,6 a 228,7] | 0,09; 0,15 |
| FCB (ciclos/min) | 39,9 ± 4,8 [37,5 a 42,2] | 38,4 ± 5,7 [35,0 a 41,7] | 42,5 ± 2,7 [40,0 a 45,0] | 0,07; 0,98 |
| DCB (m) | 1,3 ± 0,2 [1,2 a 1,4] | 1,30 ± 0,23 [1,15 a 1,42] | 1,28 ± 0,12 [1,16 a 1,40] | 0,87; 0,10 |
| VN (m/s) | 0,85 ± 0,09 [0,80 a 0,89] | 0,82 ± 0,09 [0,75 a 0,88] | 0,90 ± 0,07 [0,84 a 0,97] | 0,051; 0,95 |
| EP (%) | 29,5 ± 2,9 [28,0 a 30,8] | 28,9 ± 1,12 [27,0 a 30,9] | 30,3 ± 2,5 [28,0 a 32,7] | 0,32; 0,80 |

Des T200: desempenho no teste de 200 m; FCB: frequência média de ciclos de braçadas; DCB: distância média percorrida pelo corpo a cada ciclo de braçadas; VN: velocidade média de nado; EP: eficiência propulsiva média da braçada.

A Figura 1 mostra as dispersões entre EP (%) e Des T200, FCB, DCB e VN, respectivamente nos painéis A, B, C e D. Pode-se verificar que as correlações de EP com Des T200 e VN foram significativas: quanto maior a EP, melhor o Des e maior a VN. Porém, destaca-se um problema de redundância quando da análise de correlação entre EP e VN, pois VN é uma das variáveis utilizada para a estimativa da própria EP.

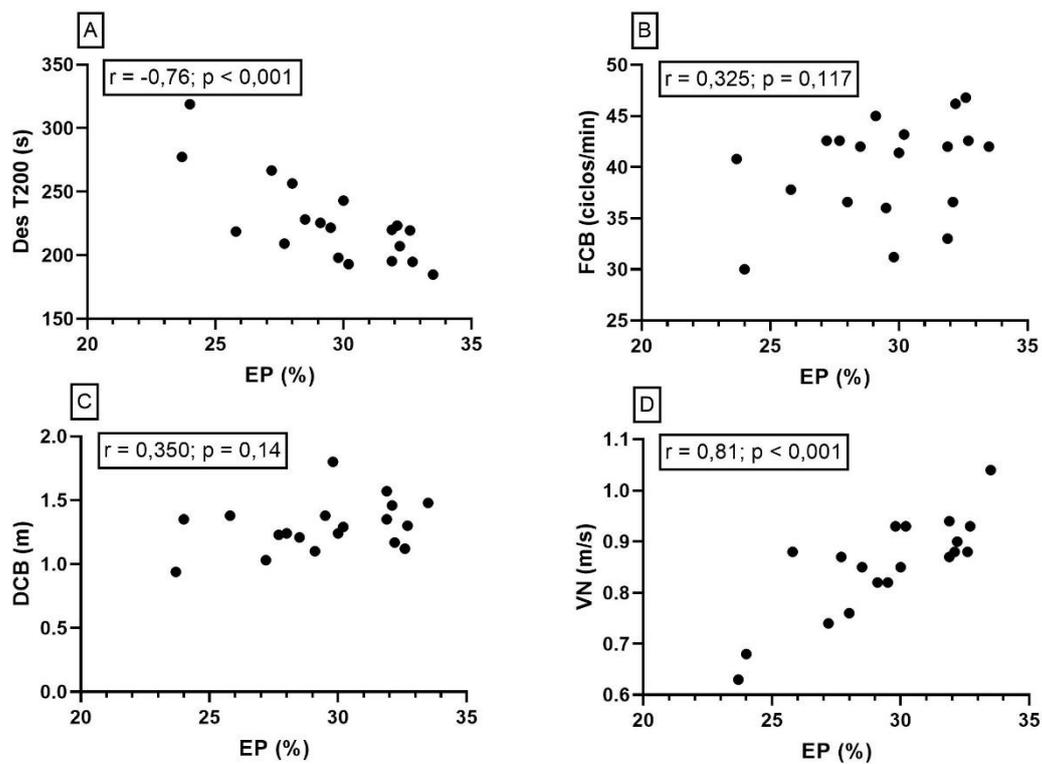


Figura 1 – Dispersões e resultados das correlações entre EP e Des T200 (painel A), EP e FCB (painel B), EP e DCB (painel C), e entre EP e VN (painel D).

6 DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi estimar a eficiência propulsiva da braçada de jovens nadadores. Além disso, comparar, entre meninos e meninas as características antropométricas e de maturação; as variáveis cinemáticas globais de nado; e a eficiência propulsiva da braçada. Também, verificar as relações entre a eficiência propulsiva da braçada e o desempenho em 200 m nado crawl e as variáveis cinemáticas de nado. Os resultados do estudo indicam similaridade nas características antropométricas e maturacionais entre meninos e meninas. Destaca-se a massa corporal total que foi maior nos meninos, com tamanho de efeito moderado.

Pode-se verificar que meninos e meninas apresentaram valores similares para desempenho, parâmetros cinemáticos e de eficiência propulsiva da braçada, do teste de 200 m, para todas as variáveis analisadas. Os tamanhos de efeito de sexo foram triviais para desempenho no T200 e DCB e moderados para FCB, VN e EP. As correlações de EP com Des T200 e VN foram significativas: quanto maior a EP, melhor o Des e maior a VN. Lembrando que VN é uma das variáveis utilizada para a estimativa da própria EP.

O estudo de Zamparo (2006) mostrou comportamento de DCB em diferentes faixas etárias, em velocidades auto selecionadas, mostrando que a DCB aumenta conforme o aumento da idade em crianças e é essencialmente o mesmo em meninos e meninas até a puberdade. Este resultado vai ao encontro dos resultados encontrados no presente estudo, no qual o tamanho de efeito em relação à DCB, entre meninos e meninas, com idades entre 7 a 12 anos foi trivial. Segundo Zamparo (2006) DCB atinge seu máximo por volta dos 20 anos de idade, os homens com valores (15%) maiores que as mulheres. Essa diferença é mantida nos anos seguintes. Após os 20-30 anos, a DCB diminui continuamente para ambos os sexos.

De acordo com Zamparo (2006), a eficiência propulsiva apresenta comportamento parecido com DCB atingindo a máxima por volta dos 20 anos de idade em ambos os sexos e diminuindo ao longo dos anos. O estudo de Zamparo (2006) mostrou que não há diferenças claras entre a EP de homens e mulheres. Diferenças em DCB foram compensadas por diferenças em L.

Os valores de EP encontrados no estudo de Zamparo (2006) em meninos de 11 anos foram de $32 \pm 4\%$ e nos meninos de 14 anos foi $36 \pm 3\%$. Em relação às meninas de 10 anos, a EP foi de $30 \pm 4\%$, já, nas de 12 anos, a EP foi de $35 \pm 4\%$. Esses resultados estão bem próximos dos encontrados neste estudo, sendo a EP de meninas $28,9 \pm 1,12$ e a de meninos $30,3 \pm 2,5$, meninas com idade entre 9,3 a 11,06 anos e meninos com idade entre 10,0 a 11,9 anos.

O modelo sugerido por Zamparo *et al.* (2005) assume que o braço é um segmento rígido de comprimento L , girando em velocidade angular constante em torno do ombro. A eficiência média de propulsão da braçada é calculada pela fase subaquática, sendo considerada a metade do ciclo. Eficiência máxima ocorre quando a velocidade tangencial da mão ($2 * \pi * FCB * l$) é igual à velocidade de avanço do nadador ($VN * 0,9$), sinal de que boa parte da força empregada está o levando a frente. Enquanto EP diminui quanto maior a velocidade tangencial da mão em relação à velocidade de avanço.

No nado crawl, além da propulsão da braçada, também é necessário considerar a propulsão da pernada. Em velocidades máximas de nado a propulsão gerada pela pernada parece ser constante na faixa de 10% a 12% (PETERSON SILVEIRA *et al.* 2016). Isso justifica a utilização do 0,9 na equação da EP onde v é a velocidade média do nadador multiplicada em 0,9 para levar em conta que, no crawl, cerca de 10% da propulsão para frente é produzida pelas pernas (ZAMPARO, 2006).

Kjendlie *et al.* (2004) relatam maior frequência de braçada em crianças ($11,1 \pm 0,8$ anos) do que em adultos ($21,4 \pm 3,7$ anos) para qualquer velocidade (submáxima ou máxima). A FCB encontrada foi de 29,5 para crianças com idade média de 11,7 anos, já para adultos a FCB foi de 22,8. Os valores do estudo de Kjendlie *et al.* (2004) de DCB para crianças (cerca de 1,75 m) e adultos (cerca de 2,5 m) estão próximos dos encontrados no estudo de Zamparo (2006) para indivíduos de idade e sexo comparáveis (meninos de 11 anos, DCB = $1,56 \pm 0,21$ m; homens de 23 anos, DCB = $2,40 \pm 0,31$ m; DCB meninas 10 anos $1,44 \pm 0,15$ m; DCB meninas 12 anos $1,80 \pm 0,20$ m; DCB mulheres de 23 anos $2,14 \pm 0,2$ m). Os autores afirmam que o ajuste pelo tamanho corporal não reduz a diferença de DCB entre crianças e adultos. Sendo assim, eles concluem que a experiência, o aumento da superfície de

propulsão e a melhor técnica de natação deve ser o fator responsável pelas diferenças no desempenho (ZAMPARO, 2006; KJENDLIE, 2004). Neste estudo a DCB foi de $1,30 \pm 0,23$ m para as meninas e $1,28 \pm 0,12$ m para os meninos, apresentando valores próximos aos estudos citados.

No estudo de Fiori, Zacca e Castro (2021), foi realizado o T200 com nadadores de até 12 anos, os resultados encontrados sobre a FCB antes e após três semanas de recesso foram $37,3 \pm 5,8$ ciclos/min e $36,9 \pm 6,6$ ciclos/min, respectivamente. Além disso, em relação à DCB foram encontrados os resultados de $1,27 \pm 0,25$ m antes do recesso e $1,29 \pm 0,18$ m após o recesso. A manutenção do desempenho no antes e após o recesso nas variáveis cinemáticas pode ter ocorrido por conta das mudanças antropométricas de crescimento (altura e envergadura) ocorridas nesse período.

Uma questão que pode influenciar tanto na FCB, quanto na DCB, é a fadiga, aumentando a FCB e diminuindo a DCB. Considerando que a prova de 200m para adultos é 65% aeróbica e 35% anaeróbica (FIGUEIREDO *et al.* 2010). Para pré-púberes, com menor capacidade no sistema anaeróbico, a contribuição aeróbica pode ser maior no mesmo evento (FIORI, ZACCA e CASTRO, 2021). Além disso, maior comprimento de braçada (DCB) tem sido associado ao melhor desempenho na natação (HAY, GUIMARÃES e GRIMSTON, 1983).

Em relação à VN, nesse estudo a VN de meninas foi de $0,82 \pm 0,09$ e a VN de meninos foi de $0,90 \pm 0,07$. Já no estudo de Zamparo (2006) meninos de 11 anos apresentaram VN de $0,91 \pm 0,11$ e meninas de 10 anos $0,93 \pm 0,09$ e as meninas de 12 anos $1,22 \pm 0,09$. Alguns valores maiores que o do presente estudo, provavelmente por treinarem por pelo menos 2 anos (ZAMPARO, 2006), sendo mais experientes que os nadadores do presente estudo (que estavam envolvidos em programa de treinamento de natação por pelo menos seis meses). Além da VN maior, os nadadores do estudo de Zamparo (2006) apresentaram DCB e EP maiores que os nadadores do presente estudo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que ao comparar as características antropométricas, as variáveis cinemáticas globais de nado e a eficiência propulsiva de braçada de meninos e meninas, todas essas variáveis, mostraram-se similares em ambos os grupos. Pode-se verificar que meninos e meninas possuem similares características antropométricas e maturacionais: idade, estatura, envergadura e *maturity offset*, com tamanhos de efeito pequeno de sexo sobre MO e moderado sobre as outras variáveis. A massa corporal total foi maior nos meninos, com tamanho de efeito também moderado. Sobre os dados de desempenho, parâmetros cinemáticos e de eficiência propulsiva da braçada, do teste de 200 m, pode-se verificar que meninos e meninas apresentaram valores similares para todas as variáveis analisadas. Os tamanhos de efeito de sexo foram triviais para Des T200 e DCB e moderados para as outras variáveis FCB, VN e EP. Pode-se verificar que as correlações de EP com Des T200 e VN foram significativas: quanto maior a EP, melhor o Des e maior a VN.

Há poucos estudos sobre a eficiência propulsiva em crianças e adolescentes. Esse estudo foi ao encontro do resultado de outros estudos mostrando que jovens nadadores apresentam uma eficiência propulsiva menor do que adultos. Além disso, o estudo conclui não existir diferenças significativas no desempenho entre meninos e meninas nas idades e nas variáveis analisadas.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, R. M. Motion in fluids. In: Animal mechanics. **Oxford: Blackwell Scientific Publications**, p. 183–233, 1983.

CARDOSO, Ana Laura Radtke; DE SOUZA CASTRO, Flávio Antônio. Eficiência propulsiva em natação: o conhecimento e as práticas de professores e treinadores. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 30, n. 03, 2022.

CASTRO, Flávio A., CORREIA R., FIORI J., GIULIANO A., TRINDADE C., FEITOSA W. Practical application of the simplified model to assess the arm stroke efficiency: a tool for swimming coaches. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 21, n. 6, p. 900-908, 2021.

CASTRO, Flávio Antônio de Souza; GUIMARÃES, Antônio Carlos S.; MORE, Felipe Collares; LAMMERHIRT, Henrique M.; MARQUES, Alexandre C. Cinemática do nado crawl sob diferentes intensidades e condições de respiração de nadadores e triatletas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 19, n. 3, p. 223-32, 2005.

CASTRO, F A.; MOTA, C B. Desempenho em 200 m nado crawl sob máxima intensidade e parâmetros cinemáticos do nado. **Revista Brasileira de Biomecânica**, Ano 9, n.17, nov. 2008.

CHOLLET, Didier; CHALIES, S.; CHATARD, J. C. A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. **International Journal of Sports Medicine**, v. 21, n. 01, p. 54-59, jan. 2000.

CORREIA, Ricardo de Assis. **Parâmetros antropométricos, fisiológicos e biomecânicos de nadadores em teste de 400 m nado crawl: comparações e correlações**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

EVANS, Janet. **Natação total**. Barueri, SP: Manole, 2009.

FALK GIULIANO, Anita, CORREIA, R. A., FEITOSA, W. G., & CASTRO, F. A. S. Three-dimensional front crawl arm-stroke efficiency and hand displacement in male and female swimmers. **Sports Biomechanics**, p. 1-12, 2022.

FIGUEIREDO, Pedro; MACHADO, L.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J.. Reconstruction error of calibration volume's coordinates for 3D swimming kinematics. **Journal of human kinetics**, v. 29, n. 2011, p. 35-40, set. 2011.

FIGUEIREDO, Pedro; ZAMPARO, P., SOUSA, A., VILAS-BOAS, J. P. e FERNANDES, R. J. An energy balance of the 200 m front crawl race. **European journal of applied physiology**, v. 111, p. 767-777, 2011.

FIORI, Júlia Mello. **Cinémática do nado crawl: efeitos da pernada em diferentes intensidades de nado**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, UFRGS, Porto Alegre, 2018.

FIORI, Júlia Mello; ZACCA, Rodrigo; CASTRO, Flávio Antônio de Souza. 200-m front crawl performance over a training season in 12 years and underage-group swimmers: growth and kinematics effects. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 28, p. e10220001222, 2022.

GIULIANO, Anita Falk. **Deslocamento tridimensional da mão e eficiência propulsiva da braçada do nado crawl em diferentes intensidades**. 2020. Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

GOMES, Lara Elena; BOEIRA, Lucas; LOSS, Jefferson Fagundes. The suitability of Sanders' model for calculation of the propulsive force generated by the hands during sculling motion. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 10, p. 936-944, 2017.

HAY, J. G.; GUIMARAES, A. C. S.; GRIMSTON, S. K. A quantitative look at swimming biomechanics. **Swimming technique**, v. 20, n. 2, p. 11-17, 1983.

HAYWARD, Vivian; STOLARCZYK, Lisa. Applied body composition. **Human Kinetics, Champaign**, 1996.

HOLLANDER, A., de GROOT, G., van INGEN SCHENAU, G., KAHMAN, R., & TOUSSAINT, H. Contribution of the leg to propulsion in front crawl swimming. **Swimming Science V. International Series on Sports Sciences; Ungerechts, B., Wilke, K., Reischle, K., Eds**, p. 157-172, 1988.

HOLLANDER, A. P. HOLLANDER, A. P., DE GROOT, G., van INGEN SCHENAU, G. J., TOUSSAINT, H. M., DE BEST, H., PEETERS, W., ... & SCHREURS, A. W. Measurement of active drag during crawl arm stroke swimming. **Journal of sports sciences**, v. 4, n. 1, p. 21-30, 1986.

HOPKINS, Will G. et al. A scale of magnitudes for effect statistics. **A new view of statistics**, v. 502, n. 411, p. 321, 2002.

KJENDLIE, Per-Ludvik; STALLMAN, Robert Keig; STRAY-GUNDERSEN, James. Adults have lower stroke rate during submaximal front crawl swimming than children. **European Journal of Applied Physiology**, v. 91, p. 649-655, 2004.

MAGLISCHO, Ernest W. **Nadando o mais rápido possível**. 3ª ed. Barueri, SP: Manole, 2010.

MIRWALD, Robert L; BAXTER-JONES A, BAILEY D, BEUNEN G. An assessment of maturity from anthropometric measurements. **Medicine & science in sports & exercise**, v. 34, n. 4, p. 689-694, 2002.

MORRIS, Kirstin S. OSBORNE, M.; SHEPHARD, M.; SKINNER, T.; JENKINS, D. Velocity, aerobic power and metabolic cost of whole body and arms only front crawl swimming at various stroke rates. **European journal of applied physiology**, v. 116, p. 1075-1085, 2016.

PETERSON, SILVEIRA, R., SOARES, S. M., ZACCA, R., ALVES, F. B., FERNANDES, R. J., CASTRO, F. A. D. S., & VILAS-BOAS, J. P. A biophysical analysis on the arm stroke efficiency in front crawl swimming: Comparing methods and determining the main performance predictors. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 23, p. 4715, 2019.

PSYCHARAKIS, Stelios G.; SANDERS, Ross H. Shoulder and hip roll changes during 200-m front crawl swimming. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 12, p. 2129-2136, 2008.

SEIFERT, Ludovic; BOULESTEIX, Laurent; CHOLLET, Didier. Effect of gender on the adaptation of arm coordination in front crawl. **International Journal of Sports Medicine**, v. 25, n. 03, p. 217-223, 2004.

SILVEIRA, Ricardo Peterson; CASTRO, Flávio A S; FIGUEIREDO, Pedro; VILAS-BOAS, João Paulo; ZAMPARO, Paola. The Effects Of Leg Kick On Swimming Speed And Arm-Stroke Efficiency In The Front Crawl. **International Journal of Sports Physiology And Performance**, v. 12, n. 6, p. 728-735, 2017.

TANNER, James Mourilyan. **Foetus into man: Physical growth from conception to maturity**. Harvard University Press, 1990.

TOUSSAINT, H. M., BEELEN, A. N. I. T. A., RODENBURG, A. N. N. E., SARGEANT, A. J., DE GROOT, G. E. R. T., HOLLANDER, A. P., & VAN INGEN SCHENAU, G. J. Propelling efficiency of front-crawl swimming. **Journal of applied physiology**, v. 65, n. 6, p. 2506-2512, 1988.

TOUSSAINT, H. M. Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 22, n. 3, p. 409-415, 1990.

TOUSSAINT, H. M.; BEEK, Peter J. Biomechanics of competitive front crawl swimming. **Sports Medicine**, v. 13, p. 8-24, 1992.

TOUSSAINT, Huub; TRUIJENS, Martin. Biomechanical aspects of peak performance in human swimming. **Animal biology**, v. 55, n. 1, p. 17-40, 2005.

ZACCA, R., TOUBEKIS, A., FREITAS, L., SILVA, A. F., AZEVEDO, R., VILAS-BOAS, J. P., PYNE, D. B., CASTRO F. A., FERNANDES R. J. Effects of detraining in age-group swimmers performance, energetics and kinematics. **Journal of sports sciences**, v. 37, n. 13, p. 1490-1498, 2019.

ZAMPARO, Paola. Effects of age and gender on the propelling efficiency of the arm stroke. **European journal of applied physiology**, v. 97, p. 52-58, 2006.

ZAMPARO, Paola et al. How fins affect the economy and efficiency of human swimming. **Journal of Experimental Biology**, v. 205, n. 17, p. 2665-2676, 2002.

ZAMPARO, P., PENDERGAST, D. R., MOLLENDORF, J., TERMIN, A., & MINETTI, A. E. An energy balance of front crawl. **European journal of applied physiology**, v. 94, p. 134-144, 2005.