

ANÁLISE DA FORÇA PROPULSIVA AQUÁTICA DE JOVENS NADADORES E SUA RELAÇÃO COM A COMPOSIÇÃO CORPORAL EM DIFERENTES CATEGORIAS NO NADO CRAWL

Wendell Bila¹, Letícia Joyce Almeida¹, Deborah Cristina Krull¹, Lyasmin Cristina Lisboa¹
José Vítor Vieira Salgado¹, Rauno Álvaro de Paula Simola¹, Amanda Gondinho Tavares¹
Laura Helena Teixeira Tito¹

RESUMO

Introdução: a velocidade da natação depende da propulsão gerada por movimentos corporais coordenados, sendo o resultado de forças propulsivas e de arrasto. **Objetivo:** verificar níveis de força propulsiva aquática geral (FPA) de nadadores, sua associação com a composição corporal, sexo e categorias etárias. **Material e métodos:** estudo transversal, observacional, amostra com 11 nadadores no nado Crawl de equipe competitiva, em início da temporada de 2025. Foram utilizados dados de massa corporal, estatura, massa de gordura e musculoesquelética, obtidos por meio de bioimpedância elétrica tetrapolar, e as categorias etárias. Foi utilizada dinamometria no formato nado atado para obter a FPA média e de pico, e cinemetria utilizando câmera de ação. **Resultados e discussão:** Fizeram parte do estudo 11 nadadores, com idade de $11,3 \pm 2,2$ anos. Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre a FPA média e FPA de pico entre os sexos, mas verificada correlação significativa entre a FPA média e massa corporal ($p=0,009$, $r=0,742$), percentual da massa de gordura ($p=0,021$, $r=-0,683$), massa musculoesquelética ($p<0,001$, $r=0,915$) e categorias ($p=0,004$, $r=0,791$). Além disso, foram observadas correlações significativas entre FPA de pico e massa corporal ($p<0,001$, $r=0,879$), massa musculoesquelética ($p<0,001$, $r=0,890$) e categorias ($p=0,026$, $r=0,665$). Foi observada uma tendência ao aumento gradual da FPA média e FPA de pico com o avanço das categorias. **Conclusão:** Existem relações importantes entre a FPA, sexo, categorias e a composição corporal de nadadores competitivos. Sugerem-se mais estudos relacionados à análise da força propulsiva aquática para elucidar aspectos importantes no entendimento da natação, em especial no público jovem.

Palavras-chave: Natação. Desempenho atlético. Força muscular. Composição corporal.

ABSTRACT

Analysis of the aquatic propulsive force of young swimmers and its relationship with body composition in different categories in the crawl swimming

Introduction: Swimming speed depends on the propulsive and drag forces, which are in turn, generated by coordinated body movements. **Objective:** To assess swimmers' aquatic propulsive force (APF) and its association with body composition, sex, and age. This is a cross-sectional, observational study, conducted at the start of a competitive season with a sample of 11 crawl swimmers with a mean age of 11.3 ± 2.2 years. **Methods:** Body mass, height, body fat, and musculoskeletal mass data were obtained using tetrapolar bioelectrical impedance analysis. Dynamometry in the tethered swimming format was used to obtain mean and peak APF, in addition to kinematic analysis using an action camera. **Results:** There was no significant difference in mean and peak APF between sexes, but a significant correlation was observed between mean APF and body mass ($p=0.009$, $r=0.742$), body fat ($p=0.021$, $r=-0.683$), musculoskeletal mass ($p<0.001$, $r=0.915$) and categories ($p=0.004$, $r=0.791$). Furthermore, a significant correlation was found between peak APF and body mass ($p<0.001$, $r=0.879$), musculoskeletal mass ($p<0.001$, $r=0.890$) and categories ($p=0.026$, $r=0.665$). A gradual increase in mean and peak APF was observed with advancing age categories. **Conclusion:** There are important relationships between APF, sex, age categories, and body composition in competitive swimmers. Further studies analyzing APF are suggested to elucidate important aspects for understanding swimming performance, especially among young people.

Key words: Swimming. Athletic performance. Muscle strength. Body composition.

1 - Universidade do Estado de Minas Gerais, Divinópolis, Minas Gerais, Brasil.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a velocidade da natação é uma função da propulsão gerada por movimentos corporais coordenados, em especial de membros inferiores e superiores (Conti, 2015), sendo o resultado das duas principais forças externas que atuam sobre o nadador: as forças propulsivas e de arrasto, cuja interação determina a aceleração do corpo e, portanto, a velocidade (Morouço e colaboradores, 2018).

Desta forma, o desempenho na natação pode ser influenciado por diferentes fatores, como a técnica de nado, aspectos fisiológicos, psicológicos e biomecânicos.

No cenário biomecânico, as forças resistivas e em especial as forças propulsivas aquáticas (FPAs), são de fundamental importância para o desenvolvimento da natação competitiva (Azevedo e colaboradores, 2019).

Existem técnicas de análise que podem ser utilizadas como ferramentas importantes para o entendimento da performance na natação competitiva, como a cinemetria e a dinamometria, ocorrendo esta última por intermédio das células de carga, que são muito empregadas para este fim (Pinto e colaboradores, 2020; Moraes e colaboradores, 2022).

O método conhecido por nado atado/amarrado tem sido largamente utilizado por técnicos pesquisadores nos últimos 50 anos, muito em função da sua praticidade e custo relativamente reduzido quando comparado a outros métodos.

Ele provê grande especificidade em relação à prática da natação, quando comparado a testes tradicionais realizados em ergômetros, guardando forte relação dos parâmetros da FPA obtidos com o desempenho, principalmente em provas de curta duração (Azevedo e colaboradores, 2019).

Segundo os mesmos autores, os protocolos de 10 a 30 segundos de duração são os mais comuns na literatura, bem coerentes com as bases da fisiologia para investigações inclusive relacionadas à potência e à aptidão anaeróbia, apresentando boa reprodutibilidade, além da possibilidade de adaptação em diferentes piscinas.

Estas características tornam esta estratégia bastante útil para o monitoramento e avaliação dos nadadores ao longo de um

programa de treinamento e investigações do efeito de intervenções (Azevedo e colaboradores, 2019).

O nado Crawl, geralmente nadado no estilo livre da natação competitiva é considerado o mais rápido, comparado aos estilos costas, peito e borboleta. Com suas importantes ações propulsivas de membros inferiores (MMII) e superiores (MMSS), no nado Crawl os MMII comparativamente apresentam menos contribuição para a propulsão geral do que as ações de MMSS, na medida em que contribuem com aproximadamente 10% da velocidade dos nadadores (Morris e colaboradores, 2016).

O objetivo do presente estudo foi verificar os níveis de força propulsiva aquática geral de nadadores no nado Crawl, bem como sua associação com a composição corporal, o sexo e as categorias etárias.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de estudo transversal, observacional, com amostra formada por 11 nadadores no nado Crawl de equipe competitiva de natação das categorias pré-mirim/mirim- 8 a 10 anos, petiz- 11 e 12 anos, infantil- 13 e 14 anos e juvenil- 15 e 16 anos (CBDA, 2025), de ambos os sexos, em momento inicial da temporada do ano de 2025.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de ética em pesquisa da Universidade do estado de Minas Gerais, com o parecer n. 7.675.387.

Antropometria e composição corporal

Foram utilizados dados de massa corporal coletados por meio de balança portátil digital (marca Welmy®- W200m), e estatura utilizando-se o estadiômetro vertical portátil (marca Avanutri®) e precisão de 0,1 cm, segundo protocolos previamente padronizados (WHO, 1995; Onis e colaboradores, 2014).

A composição corporal dos(as) participantes foi estratificada e utilizadas as variáveis massa de gordura (MG) e massa musculoesquelética (MM), por meio do procedimento da Bioimpedância elétrica tetrapolar multifrequencial horizontal (marca Bodystat Multiscan 4000®) calibrado, de acordo com as recomendações do fabricante, conforme protocolos já estabelecidos (Bila, 2014; Heyward e Stolarczyk, 2000; Suárez-Cuenca e colaboradores, 2025).

Força propulsiva aquática geral (FPA) e cinemetria

Foi utilizada dinamometria no formato “Nado atado”, por meio do qual foram medidas a FPA média e FPA de pico (ambas em Kgf).

A célula de carga foi posicionada na borda da piscina fixada à haste metálica estável própria. A captação da FPA utilizou uma cinta ajustável à cintura do(a) nadador(a), presa a um fio de aço com passagem em sistema de polias que exclusivamente alterassem a direção da aplicação da força e não interferissem na magnitude da força aplicada ao dinamômetro.

Foi utilizada célula de carga (marca EMG System do Brasil®, modelo SAS1000V1), com sistema Aquisição de Sinais integrado, amplificador, condicionador de sinal, placa de conversão A/D, sistema plug-in-play de configuração de canais, ganho e filtros, e frequência de amostragem máxima de 50KHz programável.

Foi realizada explicação preliminar ao teste com todos(as) os(as) atletas. Inicialmente, ocorreu um aquecimento de 25m em intensidade leve no nado a ser testado (Crawl), seguido de ajuste instrumental/preparação com duração total de 60 segundos. O início e final do teste foram definidos por sinal sonoro (apito). Os (As) nadadores(as) executaram durante 15 segundos o nado Crawl em esforço máximo, iniciado de dentro da piscina. Foi excluído o primeiro segundo de registros com o objetivo de evitar naturalmente a superestimação de valores deste momento.

A análise por cinemetria utilizou câmera de ação (marca GoPro® modelo Hero black 11), e seus acessórios, com gravações no plano sagital e analisados para detectar os padrões motores de cada nadador.

Com objetivo de corrigir a inclinação formada entre o cabo de ligação à célula e a direção do nado, os valores de força gerados foram multiplicados pelo cosseno do ângulo formado entre tais linhas, medido a partir dos dados da cinemetria. A temperatura da água manteve-se em 31°C.

Análise estatística

Os dados foram organizados no Software Excel® e analisados pelo Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versão 21. Foram realizadas análises com as variáveis antropométricas, de composição corporal e Força Propulsiva Aquática geral (FPA), por meio de técnicas de estatística descritiva e analítica, com intervalo de confiança de 95%, ou seja, nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$).

Os resultados descritivos foram obtidos por meio das medidas de tendência central e dispersão, frequências absolutas, e categorização das faixas etárias. A estatística analítica utilizou comparação de médias entre os sexos por meio do teste t de Student e correlação de Pearson entre a variável desfecho (FPA) e variáveis explicativas (composição corporal). O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificação da normalidade da distribuição dos valores das variáveis contínuas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média de idade do grupo foi de 11,3 \pm 2,2 anos, sendo quatro do sexo feminino.

A caracterização da amostra está apresentada na tabela 1.

Os níveis de FPA média e de pico segundo as categorias dos nadadores estão descritas na tabela 2.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos nadadores, n=11, 2025.

	Média ± dp	Mediana (min-máx)
Feminino (n=4)		
Idade (anos)	11,3 ± 2,2	11,0 (9-14)
Massa corporal (Kg)	42,1 ± 12,8	40,8 (29,1-57,8)
Estatura (cm)	150,0 ± 10,7	146,4 (141,5-165,6)
IMC (Kg/m ²)	18,5 ± 4,0	19,2 (13,3-22,2)
Masculino (n=7)		
Idade (anos)	12,0 ± 2,6	13,0 (8-16)
Massa corporal (Kg)	50,4 ± 10,6	51,8 (32,9-61,0)
Estatura (cm)	159,7 ± 13,5	166,7 (139,1-173,3)
IMC (Kg/m ²)	19,6 ± 2,3	19,3 (17,0-23,6)

Legenda: dp, desvio-padrão; n, número amostral; IMC, índice de massa corporal; Kg, quilogramas; cm, centímetros; m, metros.

Tabela 2 - Nível de força propulsiva aquática geral (FPA) no nado Crawl segundo as categorias de natação competitiva e sexo, n=11, 2025.

	n	FPA média (Kgf)	FPA pico (Kgf)
Feminino	4	4,8±1,3	12,7±5,6
Masculino	7	7,1±3,1	16,5±5,2
Pré-mirim/mirim	4	4,2±0,8	11,6±2,9
Petiz	2	5,1±1,2	13,4±6,5
Infantil	4	7,5±2,7	17,7±5,5
Juvenil	1	11,5±0,0	22,2±0,0

Legenda: n, número amostral; Kg, quilograma-força.

A força muscular pode ser avaliada em contextos clínicos, epidemiológicos e esportivos por meio de diversos testes, que podem incluir o uso do peso corporal ou o recrutamento de cargas externas. Isso é necessário porque ela pode se manifestar de diversas maneiras, o que muitas vezes até limita a comparação dos resultados encontrados na literatura.

Entretanto, vale salientar a importância de constante verificação e acompanhamento dos níveis de força em crianças e adolescentes, além dos aspectos relacionados à performance, na medida em que alguns estudos inclusive têm reportado um declínio de níveis de força muscular neste público (de Lima e colaboradores, 2021).

Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre a FPA média e FPA de pico entre os sexos. Entretanto, o estudo de (Ferreira e colaboradores, 2011) com crianças e adolescentes entre 6 a 19 anos evidenciou que a força de prensão palmar e das pinças

apresentou diferença significativa entre os sexos.

Além disso, o estudo de Werlang e colaboradores (2017), que utilizaram 17 nadadores e avaliou a simetria no nado encontrou diferenças entre os sexos, com valores chegando a 14% e 12% para mulheres e homens, respectivamente. Uma importante observação trata do pequeno número amostral utilizado no presente estudo, o que pode ter influenciado na análise de diferença significativa na FPA entre os sexos.

Foi verificada correlação de Pearson significativa positiva ($p < 0,05$) entre a FPA (média e de pico) com a massa corporal, massa musculoesquelética e as categorias dos atletas. Naturalmente, a produção de força muscular está relacionada, dentre outros fatores, à massa muscular (Hammil e colaboradores, 2016).

Além disto, no presente estudo, o percentual da massa de gordura se correlacionou estatisticamente negativamente com a FPA média, conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3 - Correlação entre Nível de força propulsiva aquática geral (FPA), composição corporal e categorias de jovens nadadores do nado Crawl, n=11, 2025.

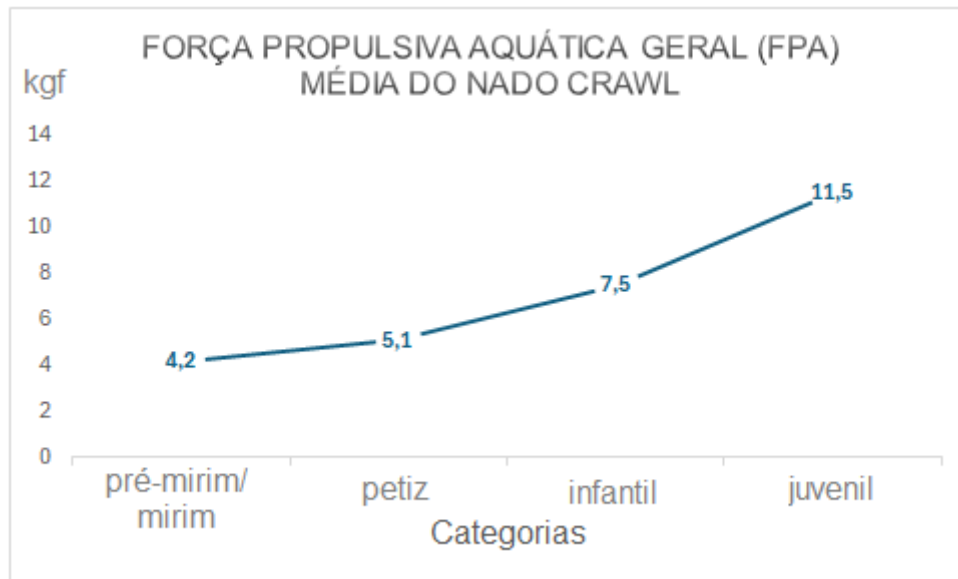
	FPA média	p-valor	FPA pico	p-valor
Massa corporal (Kg)	0,742	0,009*	0,879	0,000*
Percentual da massa de gordura	-0,683	0,021*	-0,369	0,264
Massa musculoesquelética (Kg)	0,915	0,000*	0,890	0,000*
Categorias	0,791	0,004*	0,665	0,026*

Legenda: Kg, quilogramas; *, significância estatística, segundo correlação de Pearson, nível de significância $\alpha=0,05$.

A aptidão física é um dos mais importantes indicadores de saúde na infância/adolescência e, dentre os componentes está a adiposidade corporal, que inclusive apresenta relação inversa com fatores de risco cardiovasculares (Minato e colaboradores, 2014).

A literatura também já aponta uma relação inversa entre o teste de impulsão horizontal, níveis de resistência abdominal e adiposidade corporal em adolescentes (Moliner-Urdiales e colaboradores, 2011).

O comportamento da FPA média e FPA de pico com o avanço das categorias está demonstrado nas figuras 1 e 2.

**Figura 1** - Níveis de Força propulsiva aquática geral média (FPA média) no nado Crawl segundo as categorias

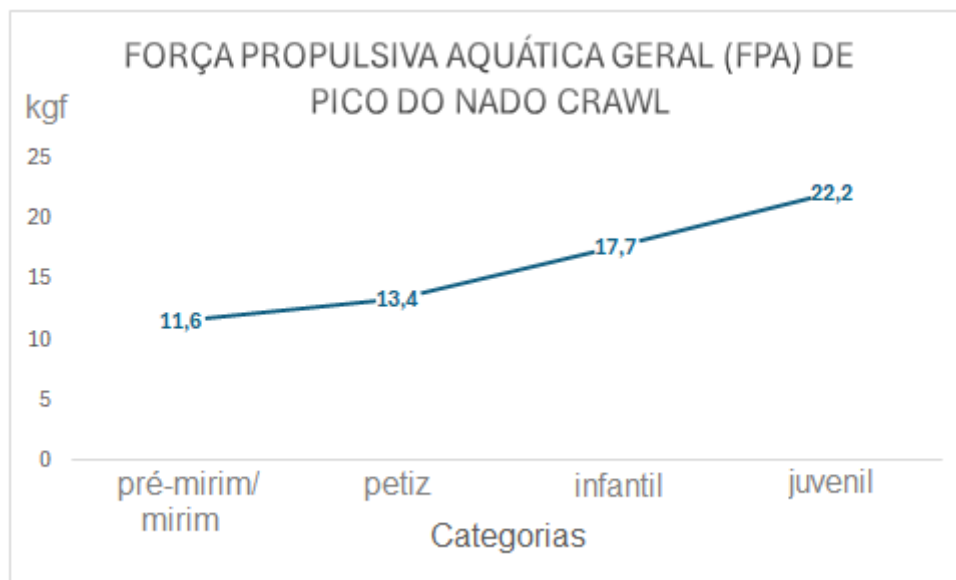


Figura 2 - Níveis de Força propulsiva aquática geral de pico (FPA de pico) no nado Crawl segundo as categorias.

O aumento gradual de força de preensão palmar e pinças, de acordo com a faixa etária, também foi observado no estudo conduzido por (Ferreira e colaboradores, 2011) em 199 indivíduos de 6 a 19 anos.

No caso do nado Crawl, os MMSS são os principais contribuintes para a produção de propulsão (Morouço e colaboradores, 2018), enquanto os MMII atuam também como importantes balanceadores durante todo o movimento (Costa e colaboradores, 2017).

Além disso, sabe-se que as forças propulsivas desenvolvidas durante o nado podem ser fruto de adaptações mecânicas e força muscular características das faixas etárias, e que podem representar, além do melhor aproveitamento dos movimentos, uma diminuição do gasto energético (Votolini e colaboradores, 2017).

O presente estudo utilizou o nado atado como instrumento, e é importante salientar que existe heterogeneidade entre protocolos existentes na literatura e que, embora o método promova importante grau de especificidade, também apresenta limitações no que diz respeito à simulação das condições reais de nado (Azevedo e colaboradores, 2019).

CONCLUSÃO

Houve correlação positiva significativa entre ambas as FPA (média e de pico) com a massa corporal, massa musculoesquelética e

as categorias. O percentual de gordura estatisticamente se correlacionou com a FPA média de forma negativa. Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre a FPA média e FPA pico entre os sexos.

O pequeno número amostral utilizado no presente estudo pode ter influenciado na análise de diferença significativa entre a FPA entre os sexos.

AGRADECIMENTOS

O estudo foi apoiado pelo Programa institucional de iniciação científica e tecnológica (PIBIC) da Universidade do estado de Minas Gerais e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

REFERÊNCIAS

- 1-Azevedo, P.H.; Oliveira, T.C.P.; Ide, B.N.; Brigatto, L.E.; Barros, M.P. Nado amarrado: uma revisão histórica e sua aplicabilidade. Caderno de Educação Física e Esporte. Marechal Cândido Rondon. Vol. 17. Num. 1. p. 331-342. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.36453/2318-5104.2019.v17.n1.p331>.
- 2-Bila, W.C. Comparação do método de diluição do óxido de deutério (D2O) com protocolos clássicos de avaliação e composição corporal em escolares de 6 a 9 anos com sobrepeso e obesidade. Dissertação

de Mestrado, Universidade Federal de São João del Rei. Divinópolis-MG. 2014.

3-CBDA. Confederação brasileira de desportos aquáticos. Natação- temporada 2025- tabela das idades. Disponível em: <https://www.cbda.org.br/boletins/13635/natacao-temporada-2025-tabela-das-idades>.

4-Conti, A.A. Swimming, physical activity and health: a historical perspective. *La Clinica terapeutica*, Vol. 166. Num. 4, 2015. p. 179-182. Disponível em: http://www.seu-roma.it/riviste/clinica_terapeutica/apps/autos.php?id=1486

5-Costa, M.J.; Barbosa, T.M.; Morais, J.E.; Miranda, S.; Marinho, D.A. Can concurrent teaching promote equal biomechanical adaptations at front crawl and backstroke swimming? *Acta of bioengineering and biomechanics*. Vol. 19. Num. 1. 2017. p. 81-88.

6-Ferreira, A.C.C.; Shimano, A.C.; Mazzer, N.; Barbieri, C.H.; Elui, V.M.C.; Fonseca, M.C.R. Força de preensão palmar e pinças em indivíduos saudáveis entre 6 e 19 anos. *Acta Ortop Bras*. Vol. 19. Num. 2. 2011. p. 92-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-78522011002000006>

7-Hammil, J.; Knutzen, K.M.; Derrick, T.R. Bases biomecânicas do movimento humano. 4ª edição. Manole. 2016. 500 p.

8-Heyward, V.H.; Stolarczyk, L.M. Avaliação da composição corporal. Manole. 2000. 243 p.

9-Lima, T.R.; Martins, P.C.; Alves Junior, C.A.S.; Moraes, M.S.; Zanolenc, S.; Borges, L.L.; de Castro, J.A.C.; Silva, D.A.S. Report Card Brazil: systematic review of muscle strength assessment in children and adolescents in Brazil. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. Vol. 23. 2021. p. e80292. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2021v23e80292>

10-Moliner-Urdiales, D.; Ruiz, J.R.; Vicente-Rodriguez, G.; Ortega, F.B.; Rey-Lopez, J.P.; España-Romero, V.; Casajús, J.A.; Molnar, D.; Widhalm, K.; Dallongeville, J.; González-Gross, M.; Castillo, M.J.; Sjöström, M.; Moreno, L.A. Associations of muscular and cardiorespiratory fitness with total and central body fat in adolescents: the HELENA study. *British Journal*

of Sports Medicine. Vol. 45. Num. 2. 2011. p. 101-108.

11-Morais, J.E.; Marinho, D.A.; Oliveira, J. P.; Sampaio, T.; Lopes, T.; Barbosa, T.M. Using Statistical Parametric Mapping to compare the propulsion of age-group swimmers in front crawl acquired with the aquanex system. *Sensors*. Vol. 22. Num. 21. 2022. p. 1-9. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9655887/>

12-Morris, K.S.; Osborne, M.A.; Shephard, M.E.; Skinner, T.L.; Jenkins, D.G. Velocity, aerobic power and metabolic cost of whole body and arms only front crawl swimming at various stroke rates. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 116. Num. 5. 2016. p. 1075-1085. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-016-3372-4>

13-Morouço, P.G.; Barbosa, T.M.; Arellano, R.; Vilas-Boas, J.P. Intracyclic Variation of Force and Swimming Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Vol. 13. Num. 7. 2018. p. 897-902. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/13/7/article-p897.xml>

14-Onis, M.; Ismail, L.C.; Puglia, F. Anthropometry handbook. Iaea/Who/Oxford Multi-centre Body Composition Reference Study (MBCRS). WHO Multicentre Growth Reference Study (MGRS) and the Intergrowth-21st project. 58p. 2014.

15-Pinto, M.O.; Chirolli, M.J.; Roesler, H.; Pereira, S.M. Diferentes perspectivas da ação de membros inferiores nos quatro nadados competitivos, uma revisão integrativa. *Evidência*. Vol. 20. Num. 1. 2020. p. 23-44.

16-Suárez-Cuenca, J.A.; Díaz-Jiménez, D. E.; Pineda-Juárez, J.A.; Mendoza-Mota, G.G.; Valencia-Aldana, O.D.; Núñez-Angeles, S.; Vera-Gómez, E.; Hernández-Patricio, A.; Loeza-Magaña, P.; Lara-Vargas, J.A.; Arteaga-Martínez, J.R.; Garduño-Pérez, A.A.; Montoya-Ramírez, J.; Díaz-Aranda, M.A.; Chaparro-Hernández, R.C.; Melchor-López, A.; García, S.; Gutiérrez-Salinas, J.; Mondragón-Terán, P. Effect of Mediterranean Diet in Combination with Isokinetic Exercise Therapy on Body Composition and Cytokine Profile in Patients with Metabolic Syndrome. *Nutrients*. Vol. 17. Num. 3. 2025. p. 1-11. Disponível em:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11767533/>

17-Voltolini, L.A.; Souza, W.C.; Smolarek, A.C.; Lima, V.A.; Costa, A.; Mascarenhas, L.P.G. Análise de desempenho do nado crawl por meio da cinemetria. Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício. São Paulo. Vol. 11. Num. 69. 2017. p. 735-742. Disponível em: <https://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/1257>

18-Werlang, R.G.; Pereira, S.M.; Ruschel, C.; Pereira, G.S.; Prado, A.P.M.; Schutz, G.R.; Roesler, H. Análise da simetria de força na braçada do nado peito. Revista Brasileira de Educação Física e Esporte. Vol. 31. Num. 1. 2017. p. 41-50. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rbefe/article/view/141764>

19-WHO. World Health Organization. Physical status: the use and interpretation of anthropometry indicators of nutritional status. Geneva: (Technical Report Series, 854). 1995. p. 1-452. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/37003>

Recebido para publicação em 30/08/2025
Aceito em 14/09/2025