



Luísa Cristina Gaspar Jorge

Análise cinemática numa prova de 50m nas técnicas alternadas, em nadadores cadetes

Dissertação de Mestrado em Treino Desportivo para Crianças e Jovens
apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e da Educação Física da Universidade de Coimbra

Março 2018



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

LUÍSA CRISTINA GASPAR JORGE

**ANÁLISE CINEMÁTICA, NUMA PROVA DE 50M NAS TÉCNICAS ALTERNADAS,
EM NADADORES CADETES**

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e da Educação Física da Universidade de Coimbra com vista à obtenção do grau de mestre em Treino Desportivo para Crianças e Jovens.

Orientador: Professor Doutor Luís Manuel Pinto Lopes Rama
Co-Orientador: Professor Doutor Hugo Miguel Borges Sarmento

COIMBRA
2018

Gaspar, L. (2018). *Análise cinemática numa prova de 50m nas técnicas alternadas, em nadadores cadetes*. (Dissertação de Mestrado), Faculdade de Ciências do Desporto e da Educação Física da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

AGRADECIMENTOS

Para a realização do estudo que se segue, existiram várias pessoas que facilitaram a sua conceção, desenvolvimento e término, tornando mais simples lidar com as adversidades ao longo deste processo. A disponibilidade e apoio foram constantes e imprescindíveis. Portanto, a todos o meu Muito Obrigada!

Ao Professor Doutor Luís Rama pela sua disponibilidade, sabedoria e dedicação, pelos seus conselhos e auxílio, e por toda a sua leveza em fazer parecer tudo mais simples, quando para mim, tudo estava complicado.

Ao Professor Doutor Hugo Sarmiento pela sua constante disponibilidade em ajudar sempre que necessário, pelo enorme conhecimento transmitido, conselhos e incentivo.

Aos meus Pais e Irmão, que me sempre me apoiaram e incentivaram a fazer mais e melhor!

Ao Renato, por toda a compreensão pela minha frequente indisponibilidade, pela atenção dada nos momentos mais stressantes e auxílio quando necessário.

Ao Gonçalo Neves e Filipe Paiva, pela amizade e ajuda em variadas situações.

Aos meus Amigos, por todas as brincadeiras e apoio dado, e por compreenderem a minha ausência. Eles sabem quem são!

Aos atletas cadetes da Associação Louzan Natação, já que sem eles este estudo não seria possível.

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos.....	III
Índice geral.....	IV
Índice de tabelas.....	VI
Índice de figuras.....	VII
Índice de equações.....	VIII
Índice de anexos.....	IX
Abreviaturas.....	X
Resumo.....	XI
Abstract.....	XIII
Introdução.....	14
Estudo I	16
Resumo.....	17
1. Introdução.....	19
2. Metodologia.....	20
2.1 Estratégia de pesquisa: bases de dados e inclusão de critérios.....	20
3. Resultados.....	20
3.1 Pesquisa, seleção e inclusão de publicações.....	20
4. Discussão.....	24
4.1 Fatores antropométricos.....	24
4.2 Fatores biomecânicos	25
4.2.1 Velocidade de nado.....	26
4.2.2 Frequência gestual.....	27
4.2.3 Distância de ciclo.....	28
4.2.4 Índice de nado.....	28
4.2.5 Eficiência propuls.....	29
4.3 Fatores Energéticos.....	29
4.4 Hidrodinâmicos	30
4.5 Fatores multidimensionais.....	30
5. Conclusão.....	31
6. Referências bibliográficas.....	32
Estudo II	36
Resumo.....	37

1. Introdução.....	38
2. Metodologia.....	39
2.1 Amostra.....	39
2.2 Desenho do estudo.....	40
2.2.1 Procedimentos para avaliação da performance.....	40
2.2.2 Procedimentos para captação e registo de imagens.....	41
2.2.3 Determinação das variáveis cinemáticas e componentes de prova.....	41
2.2.4 Avaliação cineantropométrica.....	42
2.3 Procedimentos estatísticos.....	45
3. Resultados.....	45
4. Discussão de resultados.....	47
4.1 Variáveis antropométricas.....	47
4.2 Variáveis biomecânicas.....	48
5. Conclusões.....	49
6. Referências bibliográficas.....	51
7. Limitações.....	54
8. Considerações finais.....	54
9. Referências bibliográficas.....	56
Anexo I – Termo de Consentimento.....	57

ÍNDICE DE TABELAS

Estudo I

Tabela 1 - Síntese de estudos sobre análise da performance em nadadores jovens..22

Estudo II

Tabela 1 - Caraterização do treino técnico realizado entre os dois momentos de avaliação.....40

Tabela 2 - Variáveis antropométricas: valores médios e de desvio padrão, mínimos, máximos e valores de p.....45

Tabela 3 - Estatística descritiva das variáveis cinemáticas no nado de crol, nos momentos de avaliação realizados.46

Tabela 4 - Estatística descritiva das variáveis cinemáticas no nado de costas, nos momentos de avaliação realizados.....46

ÍNDICE DE FIGURAS

Estudo I

Figura 1 - Diagrama PRISMA - Preferred reporting items for systematic reviews.....21

Figura 2 - Fluxograma dos fatores determinantes na performance de jovens nadadores.....21

Estudo II

Figura 1 - Ilustração esquemática do modelo de captação de imagens.....41

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Equação da velocidade.	41
Equação 2 – Equação da distância de ciclo.....	42
Equação 3 – Equação do índice de nado.....	42
Equação 4 – Equação da eficiência propulsiva.....	42
Equação 5 – Equação do IMC.....	43
Equação 6 – Equação de Slaughter (raparigas).....	44
Equação 7 – Equação de Slaughter (rapazes)	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I – Termo de consentimento aos Encarregados de Educação.....	57
--	----

ABREVIATURAS

DC – Distância de ciclo

E - Estatura

et al – e colaboradores

FG - Frequência gestual

FINA – Federação Internacional de Natação

Hz – Hertz (ciclos.seg⁻¹)

IMC – Índice de massa corporal

IN – Índice de nado

M1 – Momento 1

M2 - Momento 2

NPD – Natação Pura Desportiva

PRISMA - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses

vel – Velocidade de nado

V_c – Velocidade crítica

$\dot{V}O_2$ – Consumo de oxigénio

η_p – Eficiência propulsiva

% - Percentagem

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo principal analisar o desempenho cinemático do nado em jovens. A performance na natação resulta de um processo complexo que envolve vários fatores. Por forma a compreender quais as variáveis, cinemáticas e outras, determinantes para performance em nadadores jovens, realizou-se uma revisão sistemática (Estudo I). Na natação de competição, as variáveis com maior ênfase no desempenho são as (1) antropométricas; (2) biomecânicas; (3) energéticas; e (4) hidrodinâmicas. O objetivo desta revisão sistemática foi sintetizar as evidências científicas existentes acerca de quais as variáveis que, dentro das referidas anteriormente, mais influenciam a performance. A pesquisa foi realizada através das bases de dados Web of ScienceTM, Pubmed e SPORTdiscus. A seleção de acordo com os critérios de inclusão resultaram em 16 artigos para a revisão sistemática. As principais conclusões foram as seguintes: (1) a envergadura e o índice de nado foram as variáveis mais citadas como influenciadoras na performance; (2) as variáveis cinemáticas e antropométricas deverão ser avaliadas mais frequentemente; (3) o planeamento de treino deverá ser realizado de forma mais efetiva e adequada à idade dos nadadores.

No sentido de se perceber se as variáveis cinemáticas interferiram na performance dos nadadores, foi realizado um segundo estudo (Estudo II). Os objetivos foram (1) caracterizar o nado do ponto de vista cinemático; (2) verificar a influência das variáveis cinemáticas numa prova máxima de 50m nas técnicas alternadas. Foram avaliados 13 nadadores (M=10 e F=3) em dois momentos distintos de época desportiva. Os parâmetros cinemáticos derivados da mecânica da braçada, foram analisados: (1) a velocidade de nado, (2) a frequência gestual, (3) a distância de ciclo, (4) o índice de nado, e (5) a eficiência propulsiva. Os resultados indicaram que, tanto no nado de crol como no nado de costas, a velocidade e o índice de nado obtiveram diferenças entre os dois momentos, verificando-se uma melhoria nos valores destes parâmetros. Os restantes, não mostraram diferenças nos períodos avaliados. O estudo sugere que o índice de nado é o parâmetro que mostra maior sensibilidade na progressão do rendimento em provas alternadas, em jovens nadadores. Adicionalmente este resultado aponta para a vantagem no reforço do trabalho técnico no planeamento de treino para jovens nadadores.

Palavras chave: Nadadores cadetes. Cinemática. Eficiência.

ABSTRACT

The aim of the study is the analysis of the swimming performance in young swimmers. Swimming performance results of a complex process that involves many factors.

In order to understand which are the variables, kinematics and others, determinants to the performance in young swimmers, we accomplished a systematic review (Study I). In swimming competition, the more important variables in performance are: (1) anthropometrics; (2) biomechanical; (3) energetics; e (4) hydrodynamics. The aim of this systematic review was to synthesize the scientific evidences on which variables, previously referred, influence performance the most. The research was computed using the following databases: Web of Science™, Pubmed and SPORTdiscus. The selection according to the inclusion criteria resulted in 16 important articles to the systematic review. Main conclusions were: (1) arm span and stoke index were the most cited variables influencing performance; (2) kinematic and anthropometric variables should be evaluated frequently; (3) swimming training planning should be adapted to the age of the swimmers.

To understand if the kinematic variables influenced the swimmers performance, a second study was done (Study II). The objectives were: (1) to characterize swimming from the kinematic point of view; (2) to verify the influence of the kinematic variables on a 50m trial crawl and backstroke; and (3) to understand the influence of the technical sessions. 13 swimmers have been assessed (M=10 and F=3) in two different moments of the season. The kinematic parameters of the stoke mechanics were analyzed (1) swimming velocity; (2) stroke frequency; (3) stroke length; (4) stroke index; and (5) propelling efficiency. Results revealed that, both in crawl and backstroke, swimming velocity and stroke index showed significant differences between the two moments, with improvements. The other didn't show differences in the assessed moments. Study suggests that stoke index is the parameter that shows more sensibility in crawl and backstroke performance progression, in young swimmers.

Additionally, this result points to the advantage in the reinforcement of technical work in the training planning to young swimmers.

Key words: Age group. Kinematic. Efficiency

1. INTRODUÇÃO

O objetivo último na Natação Pura Desportiva (NPD) é o de alcançar em competição, a maior velocidade possível nas distâncias oficialmente reconhecidas, cumprindo o disposto no regulamento técnico oficial da FINA (Federação Internacional de Natação). Treinadores e investigadores têm vindo a apresentar, de forma cada vez mais frequente, um interesse crescente no que concerne aos fatores determinantes do desempenho competitivo na natação (Franken, Carpes, e Castro 2007). Segundo Ferreira (2009), a natação caracteriza-se por ser uma modalidade complexa, onde a economia de nado, a força muscular, a velocidade de deslocamento, o tempo de reação, e a capacidade de superar as dificuldades inerentes aos processos físicos e mentais do treino e competição, condicionam positiva ou negativamente o ganho de desempenho desportivo.

A performance da natação está associada a vários fatores (antropométricos, biomecânicos, energéticos, hidrodinâmicos) que são considerados determinantes no desempenho da modalidade (Franken, Carpes, e Castro, 2008). O reconhecimento da importância destes fatores tem emergido em nadadores de escalões mais jovens, tendo em conta as mudanças morfológicas que ocorrem nesta faixa etária (Garrido, Marinho, e Reis, 2010) e, conseqüentemente, no seu desempenho motor. Verifica-se, assim, a necessidade de aprofundar o conhecimento acerca dos efeitos de crescimento e desenvolvimento aquando da análise do desempenho dos nadadores em faixas etárias mais baixas, já que existem muitos estudos que analisam o papel de cada uma destas variáveis de forma independente, mas poucos em que se faz esta análise como um todo, ou seja envolvendo um complexo de variáveis no mesmo estudo. Os estudos de Vitor e Böhme (2010); Lätt, Jürimäe, e Mäestu (2010); Greco, Pelarigo, e Figueira (2007); e Jürimäe, Haljaste, e Cicchella (2007) são algumas dessas exceções. Além disso, a investigação dedicada à natação de competição em jovens é bastante reduzida quando comparada com a investigação em nadadores adultos ou de elite. Rama e Alves (2007) salientam também a importância da implementação dos projetos em avaliação e controlo do treino mais precocemente, por forma a melhorar os processos de preparação de jovens nadadores e diminuir o abandono da modalidade em idades baixas.

Desta forma, tendo em conta a carência de estudos relativos aos conteúdos mencionados acima, o facto de a natação de competição se iniciar desde cedo, e

considerando a escassez de trabalhos realizados com nadadores de idades mais jovens, é nossa intenção contribuir para o melhor conhecimento de algumas variáveis que poderão influenciar a performance na natação em faixas etárias mais jovens.

Assim, o presente trabalho encontra-se estruturado em dois estudos, consistindo o primeiro numa revisão sistemática da literatura, que serviu de suporte teórico ao segundo estudo, de cariz experimental. Mais especificamente, o primeiro estudo, intitulado “Variáveis determinantes na performance em nadadores jovens - Uma revisão sistemática” teve por objetivo a síntese dos estudos e das evidências científicas existentes acerca dos fatores preponderantes na performance da natação em jovens. Por sua vez, o segundo estudo, intitulado “Análise cinemática numa prova de 50m nas técnicas alternadas, em nadadores cadetes” procurou analisar as mudanças ocorridas nas variáveis cinemáticas em dois momentos diferentes da época desportiva.

Após a apresentação dos estudos referidos, serão exibidas algumas considerações finais acerca do trabalho.

ESTUDO I

**Variáveis determinantes na performance em nadadores
jovens – Uma revisão sistemática**

RESUMO

Enquadramento

A natação tem sido alvo de investigação frequente no que concerne aos fatores que influenciam a performance desportiva. As variáveis antropométricas, biomecânicas, energéticas, e hidrodinâmicas são as mais comumente reportadas nos estudos, por desempenharem um papel bastante pertinente ao nível da performance.

Objetivo

O objetivo desta revisão de literatura foi selecionar e sintetizar, de entre os estudos realizados na área, os relacionados com as variáveis que desempenham um papel fundamental na performance de nado, nomeadamente variáveis cinemáticas, antropométricas, energéticas e hidrodinâmicas em nadadores jovens.

Métodos

A pesquisa foi realizada nas bases de dados Web of Science™, Pubmed e SPORTdiscus, de acordo com as linhas orientadoras PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta- analyses). As palavras-chave utilizadas para a pesquisa foram “swimm*” e “you*” conjugadas, individualmente, com as seguintes: “kinematic”, “stroke rate”, “propulsive efficiency”, “stroke distance” e “technic”.

Resultados

A pesquisa inicial revelou a existência de 2169 resultados. No entanto, após procedermos à eliminação de artigos repetidos, obtiveram-se 1926 estudos. Foram ainda eliminados todos os estudos anteriores ao ano de 2000, e excluídos todos aqueles cujos títulos indicavam que não eram coincidentes com o objetivo em causa. No final, constatou-se que 16 artigos cumpriam os requisitos. Os conteúdos de análise mais comumente analisados foram performance, variáveis cinemáticas, variáveis antropométricas, variáveis energéticas, variáveis hidrodinâmicas, e técnica de nado.

Conclusão

A revisão sistemática realizada indica que as variáveis cinemáticas e antropométricas se apresentam como bons indicadores de desempenho, com custos financeiros baixos para os treinadores e com consequências altamente positivas para os mesmos, no sentido de levar à análise e compreensão dos aspetos a melhorar para, conseqüentemente, obter melhores resultados. As variáveis de eficiência e as hidrodinâmicas são também um contributo bastante positivo para a performance dos jovens nadadores, bem como boas preditoras da mesma.

Pontos-chave

A performance tem vindo a ser um dos aspetos mais estudados pela comunidade científica na natação.

As variáveis antropométricas, biomecânicas, energéticas e hidrodinâmicas têm sido apontadas como as mais significativas na melhoria do desempenho de nadadores jovens e adultos.

Sugerimos a realização de mais estudos com nadadores jovens, pois são praticamente inexistentes.

1. INTRODUÇÃO

As novas tendências de estudo na natação sugerem que existe uma estreita relação entre vários domínios que possuem maior ou menor influência na performance de nado (Morais, Garrido, & Marques, 2013). A identificação das variáveis que melhor predizem a performance tem sido alvo de estudos por parte da comunidade científica da natação. A performance depende da conjugação de vários fatores, sendo que os que obtêm maior consenso na melhoria da natação de competição, por parte dos investigadores, são os antropométricos (Jürimäe, Haljaste, & Cicchela, 2007), os biomecânicos, energéticos (Barbosa, Bragada, & Reis, 2010) e hidrodinâmicos (Morais, Jesus, & Lopes, 2012). A revisão de literatura publicada revela esforço compreender a relação entre os vários fatores, desenvolvendo modelos teóricos explicativos (Barbosa, Costa, & Marinho, 2010; Moraes et al., 2012).

Assim sendo, o treino e a competição de atletas mais jovens deveriam ser alvo de regular análise e monitorização, como forma de facilitar a realização do planeamento dos atletas em situação de treino e competição (Marinho, Silva, & Costa, 2011).

No entanto, os estudos existentes centrados no desempenho em nadadores mais jovens, são escassos, comparativamente com os realizados com nadadores adultos ou de elite. Esta situação deve-se a fatores não só económicos, mas também éticos, já que existem determinados procedimentos que não deverão/poderão ser testados em jovens. A recolha de dados em nadadores jovens deverá ser mais económica, menos invasiva, menos complexa e menos morosa (Barbosa et al., 2010).

Neste sentido, e tendo em conta a importância das variáveis supracitadas para análise e monitorização do treino de jovens atletas e também a escassez de estudos nesta área específica com a população em questão, esta revisão teve como objetivo realizar uma análise sistemática de artigos publicados ao nível da performance de nado, procurando identificar as variáveis que contribuem mais positivamente para o desempenho e melhoria da mesma, em nadadores jovens. Por outro lado, também se procurou caracterizar as variáveis consideradas como melhores preditoras da performance em nadadores jovens.

2. METODOLOGIA

2.1 Estratégia de pesquisa: bases de dados e inclusão de critérios

Foi realizada uma revisão sistemática dos artigos contudentes com o tema em análise, de acordo com as linhas orientadoras do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses). A pesquisa efetuou-se nas seguintes bases de dados: Web of Science™, Pubmed e SportDiscus. As palavras-chave “swimm*” e “you*” foram associadas, de forma isolada aos seguintes termos: “kinematic”, “stroke rate”, “propulsive efficiency”, “stroke distance” e “technic”. Como critérios de inclusão consideraram-se: (1) o artigo incluir fatores antropométricos, biomecânicos, energéticos ou biomecânicos determinantes na performance da natação; (2) estudos realizados após o ano 2000; (3) os artigos escritos em língua inglesa, espanhola e portuguesa; (4) estudos realizados com indivíduos do sexo masculino, feminino ou ambos os sexos. Sendo assim, obtiveram-se 47 artigos. Os estudos cujo título e respetivo desenvolvimento não se verificaram relevantes para a revisão em questão, foram excluídos, levando a 16 artigos elegíveis.

3. RESULTADOS

3.1 Pesquisa, seleção e inclusão de publicações

A pesquisa inicial revelou a existência de 2169 estudos. Estes foram exportados para o software de gestão de referências bibliográficas (Endnote X8), e todos os duplicados foram eliminados automaticamente. Obtiveram-se, então, 1926 artigos que voltaram a ser selecionados de acordo com o título e relevância do resumo. Foram também excluídos todos os artigos anteriores ao ano 2000, levando a 63 artigos que se revelaram pertinentes. Após leitura do texto integral, verificou-se que 16 cumpriram os critérios estabelecidos para a realização da revisão sistemática em causa (Figura 1).

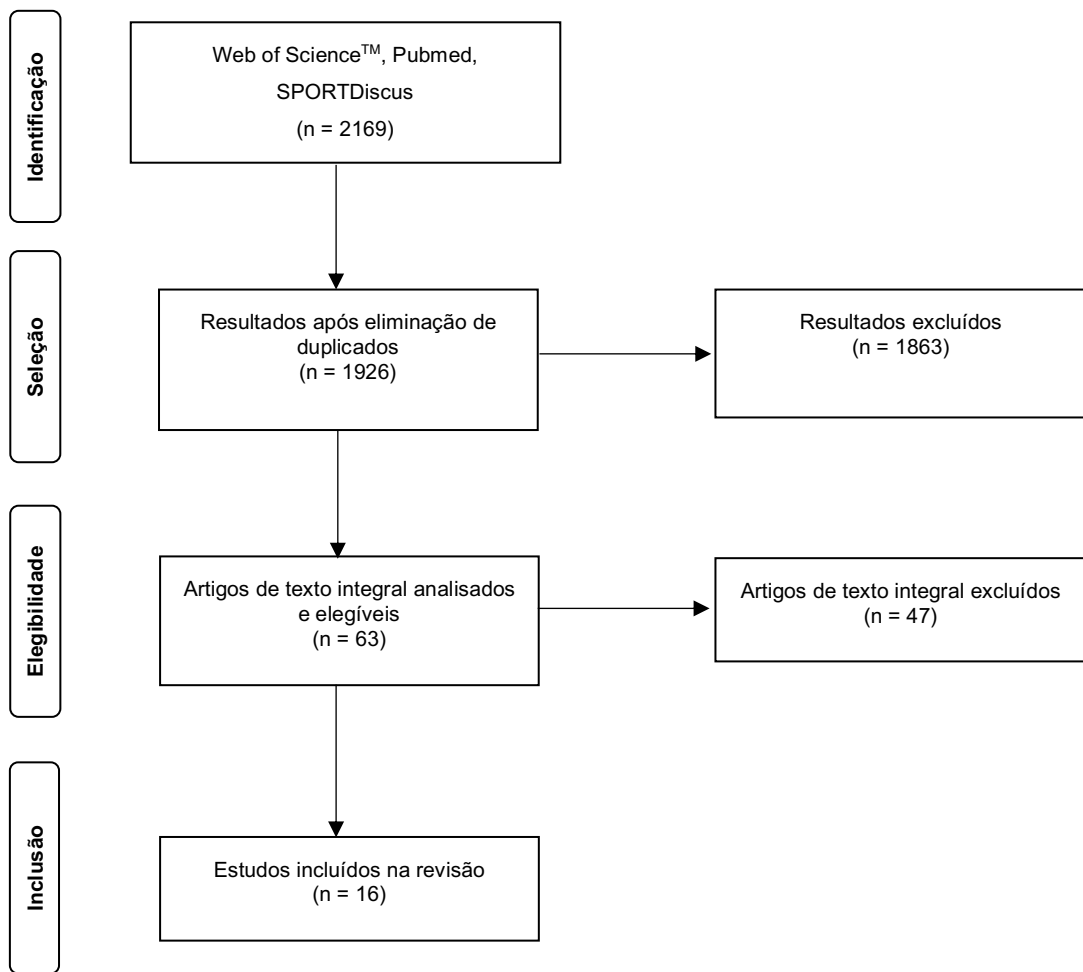


Figura 1- Diagrama PRISMA (Preferred reporting items for systematic reviews)

Através da análise dos estudos incluídos nesta revisão foi possível constatar que, de uma forma geral, se centram na análise de três fatores principais: (1) antropométricos; (2) biomecânicos, e; (3) energéticos. Não obstante, um número significativo de estudos centra-se, de forma simultânea, na análise de diversos fatores, assumindo, desta forma, uma perspectiva multidimensional (Figura 2).

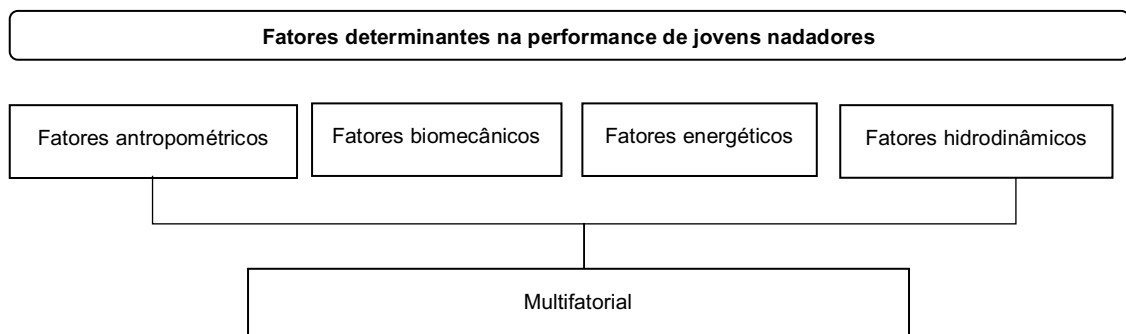


Figura 2 – Fluxograma dos fatores determinantes na performance de jovens nadadores

Por forma a analisar e decompor os artigos elegidos para a revisão sistemática em questão, foi elaborada uma tabela resumo (Tabela 1) contendo a síntese dos resultados dos estudos selecionados.

Tabela 2 - Síntese de estudos sobre análise da performance em nadadores jovens

Autor	Amostra	Variáveis	Principais resultados
Jürimäe et al. (2007)	29 nadadores do sexo masculino: 15 pré-pubertários (11,9 ± 0,3 anos) e 14 pubertários (14,3 ± 1,4 anos).	Performance nos 400m crol. Variáveis antropométricas. Composição corporal. Pico de consumo de O ₂ ; Concentração de lactato no sangue. Variáveis cinemáticas. Custo de energia.	O IN, a envergadura e o VO ₂ máximos foram as variáveis mais determinantes na performance dos 400m crol, em jovens nadadores.
Barbosa, Lima, e Meijas (2009)	28 nadadores não experts: 15 sexo masculino (13,54 ± 2,40 anos) e 13 sexo feminino)	Performance nas provas supra-máximas de 50m, 100m, 200m e 400m. Variáveis cinemáticas. Variáveis antropométricas.	A η_p em nadadores não experts é inferior à de nadadores de níveis competitivos mais elevados e não se verificam diferenças significativas entre sexos. Os fatores biomecânicos, antropométricos e a performance estão associados à eficiência propulsiva.
Lätt, Jürimäe, e Haljaste (2009)	29 rapazes entre 13 e 15 anos de idade.	Performance nos 400m crol. Variáveis antropométricas. Custo de energia. Variáveis cinemáticas. Pico de VO ₂ . Composição corporal. Concentração de lactato no sangue.	Os fatores biomecânicos foram os que tiveram maior influência na performance, ao longo dos 3 anos, seguidos pelos antropométricos e fisiológicos.
Barbosa, Silva, e Reis, (2010)	38 rapazes (12,53 ± 0,58 anos).	Performance nos 200m crol (nadadores selecionados pela lista de resultados nos 200m crol em provas locais, regionais ou nacionais). Variáveis biomecânicas e variáveis energéticas.	Todas as variáveis analisadas apresentaram correlação com a performance, exceto a DC.
Lätt, Jürimäe, e Mäestu (2010)	25 nadadores sexo masculino (15,2 ± 1,9 anos).	Performance nos 100m crol. Variáveis cinemáticas e de eficiência. Concentração de lactato no sangue. Custo de energia, Variáveis antropométricas	Os fatores biomecânicos explicaram 90,3% da variabilidade da performance nos 100m crol, as variáveis antropométricas 45,8 % e as fisiológicas, 45,2%. O IN, a envergadura e o lactato no sangue foram os melhores preditores da performance no que se refere aos parâmetros biomecânicos, antropométricos e fisiológicos, respetivamente.
Saavedra, Escalante, e Rodríguez (2010)	133 nadadores: 66 sexo masculino (13,6 ± 0,6 anos) e 67 sexo feminino (11,5±0,6 anos).	Performance competitiva. Experiência desportiva. Variáveis antropométricas. Bateria de testes Eurofit. Bateria de testes específicos de nado. Avaliação hidrodinâmica. Análise da técnica de nado.	O modelo de regressão múltipla linear explicou 82,4% da variabilidade na performance dos rapazes e 84,5% nas raparigas. A idade cronológica foi o melhor preditor da performance nesta categoria de nadadores, seguidos pelas variáveis antropométricas (especialmente nos rapazes), testes de nado e domínio da técnica.
Vitor e Böhme (2010)	24 nadadores do sexo masculino (12 aos 14 anos).	Performance nos 100m crol. Variáveis antropométricas. Maturação sexual (autoavaliação). Teste de potência anaeróbica. Variáveis cinemáticas. Teste de velocidade crítica.	Potência anaeróbica, IN e Vc explicaram 88% da variância na velocidade média na performance dos 100m crol em jovens masculinos pubertários. A performance foi ditada predominantemente por fatores fisiológicos e pela técnica de nado.
Perez, Bassini e Pereira (2011)	31 nadadores (15,1 ± 1,3 anos para os atletas masculinos e 14,7 ± 1,7 anos para atletas femininos).	Performance nos 100m crol. Variáveis cinemáticas. Variáveis antropométricas.	Os resultados indicam uma forte relação entre as medidas antropométricas com a diminuição de FG e aumento da DC, no sexo masculino. No feminino, o mesmo não se verifica.

Tabela 1 – (continuação)

Autor	Amostra	Variáveis	Principais resultados
Morais et al. (2012)	114 nadadores: 73 sexo masculino e 41 do sexo feminino (12,31 ± 1,09 anos).	Performance nos 100m crol (nadadores selecionados pela lista de resultados nos 100m crol em provas locais, regionais ou nacionais). Variáveis cinemáticas, antropométricas e hidrodinâmicas.	De acordo uma equação teórica desenvolvida, as variáveis biomecânicas contribuíram em 50% para a melhoria da performance no total da amostra, 58% para a performance dos rapazes e 62% para a performance das raparigas. A eficiência de nado está relacionada com uma diminuição da variação intraciclica da velocidade, aumento da DC e da envergadura. A técnica de nado contribui para melhoria da eficiência de nado e consequentemente melhoria da performance.
Kucia-Czyszczoń, Dybinska, e Ambrozy (2013)	121 nadadores: 52 sexo masculino e 69 sexo feminino (12 aos 15 anos).	Performance nos 100m estilos. Variáveis cinemáticas e de eficiência.	A implementação de treinos com sobrecarga de volume e intensidade demonstraram correlações alta e muito alta com a eficiência de nado, parâmetros cinemáticos e nível técnico dos nadadores.
Morais et al. (2013)	136 nadadores: 62 sexo masculino (12,76 ± 0,72 anos) e 64 sexo feminino (11,89 ± 0,93 anos).	Performance (nadadores selecionados pela lista de resultados nos 100m crol em provas locais, regionais ou nacionais). Variáveis antropométricas, cinemáticas e energéticas.	Não há diferenças estatisticamente significativas entre rapazes e raparigas na performance, variáveis antropométricas, cinemáticas e energéticas. Nadadores com melhor performance são mais altos, apresentam maiores áreas de superfície frontal e melhor mecânica da braçada. Não se verificam interações significativas entre o nível desportivo e o sexo, e as variáveis antropométricas, cinemáticas e energéticas.
Morais, Saavedra, e Costa (2013)	33 nadadores: 15 sexo masculino e 18 sexo feminino (11,81 ± 0,75 anos).	Performance em 100m crol numa prova oficial. Variáveis antropométricas, cinemáticas, de eficiência, e hidrodinâmicas, durante uma época desportiva competitiva (3 momentos de avaliação).	A performance obteve melhorias significativas e uma estabilidade moderada-muito alta durante a época. As variáveis antropométricas foram as mais determinantes na melhoria da performance e na sua estabilidade. As variáveis cinemáticas, hidrodinâmicas e de eficiência foram menos importantes.
Morais, Marques, e Marinho (2014)	30 nadadores: 14 rapazes (12,33 ± 0,65 anos) e 16 raparigas (11,15 ± 0,55 anos).	Performance nos 100m crol (em 4 momentos diferentes de uma época desportiva). Modelo teórico que incluiu variáveis cinemáticas e hidrodinâmicas.	A performance melhorou do momento 1 para o momento 4. Todas as variáveis apresentaram efeitos diretos na performance em pelo menos um dos momentos de avaliação.
Bond, Goodson, e Oxford (2015)	42 nadadores: 21 sexo masculino (13,6 ± 1,7 anos) e 29 do sexo feminino (13,4 ± 1,3 anos).	Performance nos 100m crol em nado máximo. Variáveis antropométricas. Avaliação funcional do movimento.	A regressão linear indicou que as variáveis antropométricas explicaram 63% da variação da performance nos 100m crol em nadadores adolescentes. Os nadadores considerados mais rápidos apresentaram somatórios de pregas mais baixos do que os considerados mais lentos. Os rapazes demonstraram uma menor habilidade funcional de movimento do que as raparigas.
Morais, Silva, e Marinho (2016)	100 nadadores: 49 sexo masculino (12,3 ± 0,74) e 51 sexo feminino (12,2 ± 0,71 anos).	Performance nos 100m crol (nadadores selecionados pela lista de resultados nos 100m crol em provas locais, regionais ou nacionais). Variáveis antropométricas, cinemáticas e de eficiência. Força e potência (fora de água). Potência propulsiva	As variáveis força, potência para ultrapassar o arrasto hidrodinâmico, cinemáticas e de eficiência explicaram 69% da performance em nadadores jovens, de acordo com um modelo teórico de performance de nado.
Morais, Silva, e Marinho, (2017)	91 nadadores: 44 sexo masculino (12,04 ± 0,81 anos) e 47 sexo feminino (11,22 ± 0,98 anos).	Performance (em 3 épocas desportivas). Variáveis antropométricas, cinemáticas e de eficiência.	A performance melhorou ao longo das 3 épocas desportivas em ambos os sexos. A idade decimal, a envergadura, a DC e a ηp indicaram efeitos positivos na melhoria da performance. As variáveis antropométricas, cinemáticas e a eficiência de nado apresentaram consequências positivas na performance.

4. DISCUSSÃO

O objetivo principal desta investigação foi sintetizar as evidências científicas acerca dos parâmetros que se mostram determinantes na performance dos nadadores jovens.

Ainda que o propósito principal do treino com os nadadores jovens, tal como os que constituem a amostra deste estudo, não esteja centrado na obtenção de resultados desportivos, e nesta fase, a técnica apareça como um fator determinante na aprendizagem, a performance surgirá sempre como o maior adversário dos nadadores (Caputo, Lucas, & Greco, 2000).

A performance de nado aparece como um processo complexo e multifatorial (Saavedra et al., 2010), em que se verifica uma relação dinâmica entre vários fatores para que se verifique uma melhoria da mesma. Na revisão sistemática realizada, os aspetos antropométricos, biomecânicos, energéticos e hidrodinâmicos são os mencionados mais frequentemente. No entanto, em atletas jovens, são ainda poucos os estudos que demonstram esta hipotética relação (Morais et al., 2017).

4.1 Fatores antropométricos

Na prática desportiva, o talento das crianças e jovens não é, por si só, determinante para o sucesso desportivo. A literatura tem documentado a importância dos fatores antropométricos na predição da performance em jovens nadadores (Morais et al., 2012).

As características antropométricas dos nadadores estão estreitamente relacionadas entre si, desempenhando um papel importante na performance desportiva (Fernandes, Barbosa, & Villas-Boas, 2006) e exercendo uma influência decisiva ao nível da capacidade propulsiva e da capacidade de ultrapassar as forças de arrasto encontradas pelo nadador quando este se desloca na água (Toussaint & Beek, 1992) e, conseqüentemente, na velocidade de nado. É de esperar que nadadores que apresentam maiores dimensões corporais, principalmente no que respeita à área frontal que se opõe ao deslocamento, apresentem também maiores valores de arrasto. Ao longo dos vários artigos analisados, existem diversas variáveis antropométricas consideradas, com o objetivo de avaliar quais as que apresentam uma relação mais forte com a performance.

De acordo com o estudo de Morais et al. (2013), os nadadores com melhor performance são mais altos, apresentam maiores áreas de superfície frontal e melhor mecânica da braçada, independentemente do gênero. Segundo Lätt et al. (2010), Saavedra et al. (2010) e Morais et al. (2017), a envergadura surge como uma das variáveis melhores preditoras da performance. Já nos estudos de Morais et al. (2012), Jürimäe et al. (2007) aparece como sendo determinante para a melhoria da performance.

No estudo de Morais et al. (2013) encontraram-se variações significativas em todas as variáveis antropométricas analisadas – massa corporal, altura, envergadura, perímetro do peito, áreas da mão, pé e tronco, ao longo de uma época desportiva, quando avaliadas em 3 momentos diferentes. Para Vitor e Böhme (2010) as seguintes medidas antropométricas revelaram-se correlacionadas significativamente com a velocidade média nos 100m crol: a massa corporal, a estatura e o diâmetro biacromial. Já a área de superfície da mão não obteve correlação com a performance (Morais et al., 2012). No entanto, os autores concluem que uma maior área poderá ser vantajoso, pois melhorando a orientação na água, poderá melhorar a mecânica da braçada e conseqüentemente a performance.

Lätt et al. (2009) reiteram que as variáveis antropométricas poderão explicar 45,8% da variabilidade na performance dos 100m crol. Por outro lado, através da regressão linear realizada por Bond et al. (2015), verificou-se que as variáveis antropométricas (somatório de pregas adiposas, comprimento da perna, comprimento da mão e estatura) explicaram 63% da variação na performance ao realizar a mesma prova.

De acordo com os resultados sintetizados nesta revisão, podemos afirmar que de 11 estudos em que se analisaram as variáveis antropométricas, 8 deles apontaram no sentido de influenciarem positivamente a performance.

Sendo assim, atletas jovens de elevado nível competitivo apresentam maiores valores de estatura, envergadura e conseqüentemente maiores valores de distância de ciclo, velocidade, índice de nado e velocidade crítica (Morais et al., 2013).

4.2 Fatores biomecânicos

Um dos objetivos principais da biomecânica no desporto é caracterizar o padrão motor dos praticantes e melhorar a sua eficiência, por forma a maximizar a performance (Barbosa et al., 2010).

Segundo Navarro e Arsenio (2002), a técnica de um determinado desporto é o processo através do qual se desenvolve um movimento gestual da forma mais racional e económica. Uma melhor execução técnica do nado conduz a uma redução das forças de arrasto e a um aumento da propulsão favorecendo a performance (Franken, Carpes e Casto, 2008). Através do treino cujo objetivo seja a melhoria técnica dos atletas, pode incrementar-se a força produzida com o intuito de permitir que o nadador se desloque na água, vencendo a resistência produzida por esta, aumentando assim, a sua velocidade.

No desporto de alto rendimento, a técnica tem vindo cada vez mais a assumir um papel preponderante na evolução dos atletas ao longo do processo de treino (Barbosa et al., 2010; Caputo et al., 2000) e a natação é um dos desportos que depende fortemente da habilidade técnica no nado, independentemente da idade em que estes se encontrem (Zamparo, 2006), devido à especificidade do meio em que se desenrola (Caputo et al., 2000), já que a água tende a dificultar a obtenção dos apoios fixos para a locomoção, e apresenta uma maior resistência (densidade = 1g/cm^3 , quando comparada com o ar (densidade do ar = $0,00129\text{g/cm}^3$)).

A performance é, assim, largamente influenciada pelos fatores biomecânicos, e de entre estes destacam-se os relacionados com as variáveis cinemáticas do nado, que após a análise dos artigos incluídos nesta revisão sistemática foram: (1) a velocidade de nado (vel); (2) a frequência gestual (FG); (3) a distância de ciclo (DC); (4) o índice de nado (IN); e (5) a eficiência propulsiva (η_p).

Segundo Morais et al. (2012), estes fatores explicaram 50-60% do desempenho em nadadores jovens nos 100m crol, enquanto que no estudo de Lätt et al. (2010), estes explicaram 90,3% da performance para a mesma distância de nado.

Na natação, a análise destas variáveis aparece como um dos aspetos mais estudados na investigação biomecânica, uma vez que os procedimentos de análise utilizados não são muito complexos, podendo obter-se dados relevantes para o controlo (Ferreira, Silva, & Oliveira, 2012), desenvolvimento e melhoria do treino, no sentido do progresso dos resultados (Castro, 2007).

4.2.1 Velocidade de nado

Sendo a natação desportiva considerada uma modalidade com características cíclicas, em que o rendimento traduzido pelo tempo gasto pelos nadadores para percorrer uma

determinada distância de prova, a vel constitui um parâmetro essencial na observação (Ferreira et al, 2012). A vel de nado é o produto da FG pela DC, durante o nado puro, ou seja, excluindo as componentes acíclicas da prova de NPD nomeadamente os tempos correspondentes à partida e na execução das viragens (Yanai, 2003).

Segundo Perez et al. (2011), o nado mais eficiente e que conduz a uma maior vel de nado, caracteriza-se por uma maior DC e uma menor FG. Estas apresentam uma relação inversa entre si (Swaine & Reilly, 1983). A sua relação é também preponderante para a alteração ou manutenção desta mesma velocidade. Assim, a combinação de valores máximos ou mínimos de uma das variáveis, FG ou DC, implicam velocidades mais lentas, enquanto que a combinação ideal entre elas irá produzir velocidades máximas (Caputo et al., 2000).

4.2.2 Frequência gestual

A FG define-se como o número de ciclos de braçada por unidade de tempo (Chollet, Chalies, & Chatard, 2000) e expressa-se em ciclos.seg⁻¹ (Hz). Esta encontra-se dependente da velocidade angular do movimento de rotação da articulação escapulo-umeral e da distância que a parte distal do membro superior percorre na fase subaquática e aérea da braçada, ao longo da ação do membro superior (Keskinen, Komi, & Rusko, 1989). Um aumento ou diminuição na velocidade é resultante de combinações entre aumentos ou diminuições na FG e a DC, respetivamente (Toussaint, Carol, & Kranenborg, 2006).

Este parâmetro, parece ser bastante individual, sendo que cada nadador seleciona a FG adequada, no sentido de diminuir o gasto energético e/ou melhorar o desempenho, tendo em conta as suas características antropométricas e musculares, tal como observado noutras modalidades (Craig & Pendergast, 1979).

Segundo Jürimäe et al. (2007), a FG aparece como um bom indicador de performance em jovens nadadores. Ainda assim, de acordo com esta revisão de literatura, constata-se que este é o único estudo em que a FG se revela como bom indicador de desempenho.

4.2.3 Distância de ciclo

A DC caracteriza-se pela distância horizontal média percorrida na execução de um ciclo completo de braçada, em metros (Maglisho, 1999). Sempre que um nadador consegue transformar sua força muscular em força propulsiva, promoverá um aumento da sua DC, o que está relacionado não só com a sua capacidade de força, como com a sua capacidade técnica, consubstanciada em trajetos segmentares e orientação das superfícies propulsivas favoráveis. Desta forma, medidas como a envergadura e a estatura, constituem condicionantes para a obtenção de maiores valores de DC (Anderson, Hopkins, & Roberts, 2006; Franken, Carpes, & Castro, 2007), o que traduz um indicador de eficiência propulsiva. Os sujeitos com maior valores estatura tendem a apresentar maior envergadura e, conseqüentemente, a exibirem uma maior DC para a mesma vel, uma maior η_p (Barbosa et al., 2009; Franken et al., (2007), e um valor superior do índice de nado (Jürimäe et al., 2009). Sendo, então, uma variável de razoável indicação da η_p , poderá surgir como um auxílio na avaliação da evolução individual na técnica do nadador (Toussaint, 1990).

No estudo de Morais et al. (2012), a DC revelou uma correlação significativa com performance.

4.2.4 Índice de nado

O IN indica a capacidade do nadador se mover a determinada vel com um menor número de braçadas e provém do produto obtido entre a DC e a vel (Costil, Kovaleski & Porter, 1985, Caputo et al., 2000). Este avalia-se em $m^2/\text{segundo}$ e, segundo Jürimäe et al. (2007), aparece como um excelente indicador de performance em jovens nadadores, já que se nadarem a uma determinada vel de nado, com uma maior DC, e uma menor FG, apresentarão uma técnica de nado mais eficaz e mais económica (Caputo et al., 2000).

Para Lätt et al. (2009), Vitor e Böhme (2010) e Lätt et al. (2010), o IN revela-se também um bom preditor da performance de nado.

4.2.5 Eficiência propulsiva

A η_p aparece como um indicador de especial interesse, devido à sua relação direta no comportamento biofísico do nadador e da sua performance (Barbosa, Keskinen & Villas-Boas, 2006) e obtém-se pela relação entre a capacidade de propulsão e o comportamento do fluido relativamente à ação propulsiva (Toussaint e Beek, 1992), isto é, nadadores mais rápidos conseguirão ter mais propulsão e menos arrasto, melhorando a economia de movimento, e conseqüentemente, a vel de nado. Segundo o estudo de Barbosa et al. (2009), a η_p em nadadores não experts é inferior à de nadadores de níveis competitivos mais elevados.

Toussaint e Hollander (1994) encontraram uma relação direta entre a η_p e a DC e uma relação inversa entre o custo energético e a mesma.

As características antropométricas revelam também associações com a η_p . No caso da envergadura, esta pode incrementar a DC e conseqüentemente, a η_p , tal como observado por Toussaint (1990).

Desta forma, os estudos recentes sugerem que a melhoria da η_p não ocorre apenas devido ao aumento do aporte bioenergético, mas também devido à intervenção técnica (Caputo et al., 2000; Leblanc, Seifert, & Chollet, 2009).

De acordo com o modelo teórico do estudo de Barbosa et al. (2010), a η_p revelou uma maior capacidade de predizer a performance, em detrimento do IN, ainda que este se mostre um excelente indicador da performance.

4.3 Energéticos

No estudo de Vítor e Böhme (2010), de acordo com um modelo de regressão linear múltipla, a potência anaeróbia mostrou uma contribuição significativa na performance de nado dos 100m crol, sugerindo que o esforço empregue nesta distância, é mais dependente do metabolismo anaeróbio do que do aeróbio. No mesmo estudo e de acordo com o modelo acima referido, também a velocidade crítica (V_c) explicou significativamente a variância da performance na prova de 100m crol.

De acordo com Jürimäe et al. (2007), o pico de VO_2 (consumo de oxigénio), após nado numa prova de 400m, aparece como sendo um bom indicador da performance.

4.4 Hidrodinâmicos

Os fatores hidrodinâmicos contribuem também para o desempenho de nadadores, ainda que nesta revisão sejam poucos os estudos que se centrem sobre estes. O estudo de Morais et al. (2013) revelou que, em 3 momentos de uma época desportiva, o arrasto ativo e o coeficiente hidrodinâmico ativo demonstraram alterações significativas. De acordo com Morais et al. (2012), o arrasto ativo correlacionou-se com a performance, sendo que para obter melhores resultados, os nadadores deverão melhorar a velocidade, que é um dos principais determinantes do arrasto ativo.

A potência para ultrapassar o arrasto hidrodinâmico provou ser, de acordo com um modelo teórico desenvolvido por Morais et al. (2016) um bom preditor da performance.

4.5 Multidimensional

A construção de modelos preditivos da performance da natação é um dos assuntos com mais interesse na investigação. Perspetivando a relação entre os vários fatores determinantes para a performance, os seguintes estudos centraram-se nesse objetivo.

O estudo de Jürimäe et al. (2007) revelou que o índice de nado (biomecânicos), envergadura (antropométricos), e o pico de $\dot{V}O_2$ (fisiológicos/energéticos) aparecem como as maiores determinantes da performance em nadadores jovens. De acordo com Vitor e Böhme (2010), segundo um modelo preditivo, o IN, a potência anaeróbia e a V_c , explicaram 88% da performance nos 100m crol. No artigo de Lätt et al. (2010) uma regressão múltipla linear indicou que os fatores que melhor caracterizaram a performance em 100m foram os biomecânicos (90,3%), seguidos pelos antropométricos (45,8%), e fisiológicos (45,2%). No estudo de Saavedra et al. (2010), numa avaliação multidimensional, os modelos foram eficientes na deteção do potencial dos nadadores performance, destacando-se 82% para os rapazes e 84% para as raparigas. Para Morais et al. (2012), a performance está dependente do IN, da variação intracíclica da velocidade, envergadura e arrasto ativo, de acordo com um modelo de modelação de fluxos. O modelo teórico final de Morais et al. (2016) indica que o trabalho de força em seco, força propulsiva, vel e η_p , explanaram em 69% a performance em nadadores jovens. O modelo preditivo de Morais et al. (2017) conclui

que a idade decimal, envergadura (antropométricas), e ηp (biomecânicas) estão relacionadas com a performance.

Através do modelo preditivo realizado por estudo de Rama, Santos e Gomes (2006) verificou-se que o desenvolvimento da capacidade aeróbica, foi o principal fator determinante da performance. Muitas outras variáveis analisadas neste estudo mostraram associações com a performance, mas poucas tiveram o poder de a prever. Cerca de 30 a 35% da performance foi prognosticada pela morfologia, e por protocolos específicos e gerais.

5. CONCLUSÃO

Evidências científicas demonstradas ao longo deste estudo poderão constituir orientação importante para os atletas e treinadores. Aos treinadores reforça-se um leque alargado de ferramentas com as quais poderão realizar um controlo de treino mais eficaz, refletindo-se numa melhoria da performance dos atletas. Na natação, conhecem-se várias metodologias de observação da competição que servem para avaliar o desempenho do nadador (Trinity et al., 2006). Estas metodologias ou sistemas de observação e análise, por forma a determinar as variáveis cinemáticas, são convenientes para avaliar o desempenho dos nadadores (Williams & Kendall, 2007). A síntese realizada neste estudo permite-nos sugerir que as variáveis antropométricas, biomecânicas, energéticas e hidrodinâmicas deveriam ser alvo de uma atenção mais cuidada, ao longo da época, por parte dos treinadores, tendo em conta o seu papel determinante na performance dos atletas. Ademais, são parâmetros de rápida recolha, de baixo custo e fornecem dados que poderão originar melhores resultados.

Ao longo da literatura analisada verificámos que existe uma nítida escassez de estudos em nadadores pertencentes ao escalão de cadetes (<12 anos, masculino; <11 anos, feminino de acordo com a Federação Portuguesa de Natação), pelo que sugerimos a realização de outros estudos nas faixas etárias indicadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, M. E., Hopkins W. G., Roberts A. D. & Pyne, D. B. (2006). Monitoring seasonal and long-term changes in test performance in elite swimmers. *European Journal of Sport Science*, 6(3), 145-154, DOI:10.1080/17461390500529574
- Barbosa, T., Bragada, J., Reis, V., Marinho, D., Carvalho, C., & Silva, A. (2010). Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: Updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 262-269. doi:10.1016/j.jsams.2009.01.003
- Barbosa, T., Costa, M., Marinho, D., Coelho, J., Moreira, M., & Silva, A. J. (2010). Modeling the Links Between Young Swimmers' Performance: Energetic and Biomechanic Profiles. *Pediatric Exercise Science*, 22(3), 379-391. doi:DOI 10.1123/pes.22.3.379
- Barbosa, T., Lima, V., Mejias, E., Costa, M., Marinho, D., Garrido, N., . . . Bragada, J. (2009). A eficiência propulsiva e a performance em nadadores não experts. [A eficiência propulsiva e a performance em nadadores não experts]. *Motricidade*, 5(4), 27-43.
- Barbosa, T., Silva, A., Reis, A., Costa, M., Garrido, N., Policarpo, F., & Reis, V. (2010). Kinematical changes in swimming front Crawl and Breaststroke with the AquaTrainer (R) snorkel. *European Journal of Applied Physiology*, 109(6), 1155-1162. doi:10.1007/s00421-010-1459-x
- Barbosa, T.M., Keskinen, K.L., & Vilas-Boas, J.P. (2006). Factores biomecânicos e bioenergéticos limitativos do rendimento em natação pura desportiva. *Motricidade*, 2(4), 201-213.
- Bond, D., Goodson, L., Oxford, S., Nevill, A., & Duncan, M. (2015). The Association between Anthropometric Variables, Functional Movement Screen Scores and 100 m Freestyle Swimming Performance in Youth Swimmers. *Sports*, 3(1), 1-11. doi:10.3390/sports3010001
- Caputo, F., Lucas, R.D., Greco, C.C.; Denadai, B.S. (2000). Características da braçada em diferentes distâncias no estilo crawl e correlações com a performance. *Revista Brasileira Ciência e Movimento*, 8(3), 7-13.
- Castro, F.A.S. (2007). *Determinantes do desempenho para prova de 200 m nado livre* (Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul).
- Chollet, D., Chalies, S., Chatard, J.C. (2000) A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. *International Journal of Sports Medicine*, 21(1) 54-59.
-

-
- Craig, A.; Pendergast, D. Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. (1979). *Medicine and Science in Sports*, 11(3), 278-283.
- Fernandes, R., Barbosa, T., & Vilas-Boas, J. (2002). Fatores cineantropométricos determinantes em natação pura desportiva. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 4(1), 67-79.
- Ferreira, M., Silva, A., Oliveira, D. d., Garrido, N., Barbosa, T., Marinho, D., & Reis, V. (2012). Analysis of the determinant kinematical parameters for performance in the 200-m freestyle swimming event. *Motriz - Revista De Educação Física*, 18(2), 366-377.
- Franken, M., Carpes, F. P., Castro, F. A. S. (2007). Cinemática do nado crawl: Características antropométricas e flexibilidade de nadadores universitários. Paper apresentado no Congresso Brasileiro de Ciências do Esporte. Recife.
- Franken, M., Carpes, F. P., Castro, F. A. S. (2008). Relação entre cinemática e antropometria de nadadores recreacionais e universitários. *Motriz*, 14(3), 329-336.
- Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Latt, E., Purge, P., Leppik, A., & Jürimäe, T. (2007). Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 19(1), 70-81.
- Keskinen, K.; Komi, P.; Rusko, H. (1989). A comparative study of blood lactate tests in swimming. *International Journal of Sports Medicine*. 10 (3), 197-201.
- Kucia-Czyszczonek, K., Dybinska, E., Ambrozy, T., & Chwala, W. (2013). Factors determining swimming efficiency observed in less skilled swimmers. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 15(4), 115-124. doi:10.5277/abb130415
- Lätt E, Jürimäe J, Haljaste K, Cicchella A, Purge P, Jürimäe T. (2009). Longitudinal development of physical and performance parameters during biological maturation of young male swimmers. *Perceptual and Motor Skills*. 108, 297-307. PubMed doi:10.2466/pms.108.1.297-307
- Lätt, E., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Rämson, R., Haljaste, K., Jürimäe, T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(3), 398-404.
- Leblanc, H.; Seifert, L.; Chollet, D. (2009). Arm-leg coordination in recreational and competitive breaststroke swimmers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12 (3), 352-356.
- Maglischo, E. W. (1999). *Nadando ainda mais rápido*. São Paulo: Manole.
-

-
- Marinho, D., Amorim, R., Costa, A., Marques, M., Pérez-Turpin, J., & Neiva, H. (2011). "Anaerobic" critical velocity and swimming performance in young swimmers. *Journal Human Sport Exercise*, 6 (1), 80-86.
- Morais, J., Garrido, N., Marques, M., Silva, A., Marinho, D., & Barbosa, T. (2013). The Influence of Anthropometric, Kinematic and Energetic Variables and Gender on Swimming Performance in Youth Athletes. *Journal of Human Kinetics*, 39(1), 203-211. doi:10.2478/hukin-2013-0083
- Morais, J., Jesus, S., Lopes, V., Garrido, N., Silva, A., Marinho, D., & Barbosa, T. (2012). Linking Selected Kinematic, Anthropometric and Hydrodynamic Variables to Young Swimmer Performance. *Pediatric Exercise Science*, 24(4), 649-664.
- Morais, J., Marques, M., Marinho, D., Silva, A., & Barbosa, T. (2014). Longitudinal modeling in sports: Young swimmers' performance and biomechanics profile. *Human Movement Science*, 37, 111-122. doi:10.1016/j.humov.2014.07.005
- Morais, J., Saavedra, J., Costa, M., Silva, A., Marinho, D., & Barbosa, T. (2013). Tracking young talented swimmers: follow-up of performance and its biomechanical determinant factors. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 15(3), 129-138. doi:10.5277/abb130316
- Morais, J., Silva, A. J., Marinho, D., Marques, M., Batalha, N., & Barbosa, T. (2016). Modelling the relationship between biomechanics and performance of young sprinting swimmers. *European Journal of Sport Science*, 16(6), 661-668. doi:10.1080/17461391.2016.1149227
- Morais, J. E., Silva, A. J., Marinho, D. A., Lopes, V. P., & Barbosa, T. M. (2017). Determinant Factors of Long-Term Performance Development in Young Swimmers. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(2), 198-205. doi:10.1123/ijsp.2015-0420
- Navarro, F., Arsenio, O. (2002). *Natacion II, La Natación y su Entrenamiento: Técnica, Planificación y Análisis Pedagógico*. Madrid: Editorial Gymnos.
- Perez, A., Bassini, C., Pereira, B., & Sarro, K. (2011). Correlação entre variáveis antropométricas e o comprimento e a frequência de braçada de nadadores do Espírito Santo. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, 10(1), 19-27.
- Rama, L., Santos, J., Gomes, P., & Alves, F. (2006). Determinant factors related to performance in young swimmers. Paper apresentado no Xth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, Universidade do Porto.
- Saavedra, J., Escalante, Y., & Rodríguez, F. (2010). A Multivariate Analysis of Performance in Young Swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 22(1), 135-151.
-

-
- Swaine I., Reilly T. (1983). The freely-chosen swimming stroke rate in a maximal swim and on a biokinetic swim bench. *Medicine Science Sports Exercise*. 5, 70-375.
- Toussaint, H., & Beek, P. J. (1992). Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Medicine*, 13, 8-24.
- Toussaint, H.; Carol, A.; Kranenborg, H. & Truijens, M. (2006). Effect of fatigue on stroking characteristics in an arms-only 100-m front-crawl race. *Medicine Science Sports Exercise*, 38, 1635-1642.
- Toussaint, H., & Hollander, A.(1994). Mechanics and energetics of front crawl swimming. *Medicine and Science in Aquatic Sports*,107-116.
- Toussaint, H., Hollander, A. P., Berg, C. v. d., & Vorontsov, A. (2000). Biomechanics of swimming. *Exercise and Sport Science*. 639-660.
- Toussaint, H. (1990). Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 409-415.
- Trinity J. D., Pahnke M. D., Reese E. C., & Coyle E. F. (2006). Maximal mechanical power during a taper in elite swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 38(9),1643-1649.
- Vitor, F., & Böhme, M. (2010). Performance of young male swimmers in the 100-meters front crawl. *Pediatric Exercise Science*, 22(2), 278-287.
- Yanai, T. (2003) Stroke frequency in front crawl: its mechanical link to the fluid forces required in non-propulsive directions. *Journal of Biomechanics*, 36, 53-62.
- Zamparo P. Effects of age and gender on the propelling efficiency of the arm stroke (2006) *European Journal Applied Physiology*, 97, 52–58. PubMed doi:10.1007/ s00421-006-0133-9
-

ESTUDO II

**Análise das variáveis cinemáticas em nadadores cadetes,
nas técnicas alternadas, numa prova de 50m.**

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram: (1) caracterizar o nado do ponto de vista cinemático; (2) analisar o comportamento das variáveis cinemáticas numa prova máxima de 50m nas técnicas alternadas em nadadores cadetes. Os nadadores foram avaliados em dois momentos distintos de época desportiva. Foram estudados os parâmetros cinemáticos gerais da mecânica da braçada: (1) a velocidade de nado, (2) a frequência gestual, (3) a distância de ciclo, (4) o índice de nado e (5) a eficiência propulsiva. Verificou-se que tanto no nado de crol como no nado de costas, a velocidade e a eficiência propulsiva mostraram diferenças entre os dois momentos de avaliação. Nas restantes variáveis não se verificaram alterações.

As principais conclusões foram: (1) a análise de parâmetros cinemáticos fornece dados importantes para os técnicos de natação; (2) os treinadores devem ter em atenção as alterações antropométricas ocorridas ao longo das épocas; (3) a vertente técnica do treino deve ser amplamente reforçada, principalmente em idades mais baixas.

1. INTRODUÇÃO

A investigação em Natação Pura Desportiva (NPD) tem tido o seu principal foco na melhoria da performance e grande parte da pesquisa realizada tem sido direcionada no sentido de identificar as variáveis determinantes na performance Barbosa, Marinho, e Costa (2011). Tal como pudemos constatar através da revisão sistemática apresentada anteriormente (ver estudo I), os fatores frequentemente reportados como determinantes da performance foram os antropométricos, biomecânicos, energéticos e hidrodinâmicos, sendo evidentes as relações significativas entre estes. Uma vez que a natação de competição é iniciada em idades baixas, é importante perceber como interagem as variáveis acima descritas (Morais, Jesus & Lopes 2012).

É unânime a importância que os fatores cineantropométricos assumem no processo complexo do rendimento desportivo (Fernandes, Barbosa, & Vilas-Boas, 2002). No estudo desenvolvido por Moraes, Saavedra, e Costa (2013), com nadadores jovens avaliados em 3 momentos ao longo de uma época desportiva, verificou-se que as variáveis antropométricas foram as que tiveram maior preponderância na melhoria da performance, enquanto que as cinemáticas e hidrodinâmicas tiveram um peso menor. De entre as variáveis antropométricas, a envergadura tem sido apontada como uma das melhores preditoras da performance (Lätt, Jürimäe, & Mäestu, 2010), que por sua vez, está amplamente relacionada com a estatura (Saavedra, Escalante, & Rodriguez, 2010). O estudo realizado por Moraes, Garrido, e Marques (2013) com nadadores jovens, revelou que os mais rápidos são mais altos, possuem maior envergadura e maiores áreas de superfície.

Ainda neste conspecto, Lätt, Jürimäe, e Haljaste (2009) sugerem que a variabilidade na performance poderá ser explicada em 45,8%, pelas variáveis antropométricas. Também Bond, Goodson, e Oxford (2015) referem que as variáveis antropométricas explicaram 63% da variação na performance nos 100m crol, através de uma regressão linear. As variáveis antropométricas correlacionam-se também com a mecânica da braçada, nomeadamente a distância de ciclo (DC) e o índice de nado (IN) (Jürimäe, Haljaste, e Cicchella, 2007).

Os fatores cinemáticos gerais são dos aspetos mais estudados na investigação biomecânica sobre as técnicas do nado, até porque os procedimentos de recolha e análise são acessíveis, podendo trazer dados relevantes para o controlo do treino na natação competitiva (Ferreira, Silva, e Oliveira 2012). A vel (velocidade), a frequência

gestual (FG), a DC, o IN e a eficiência propulsiva (η_p) serão as variáveis consideradas para o nosso estudo e que têm sido frequentemente relacionadas com a performance (T. Barbosa et al., 2010; Lätt et al., 2010). Segundo Morais et al. (2012), os fatores anteriormente referidos explicaram 50-60% do desempenho em nadadores jovens nos 100m crol, enquanto que no estudo de Lätt et al. (2010), explicaram 90,3% da performance para mesma distância de nado.

Tendo em conta os parâmetros acima referidos, compreende-se que o aperfeiçoamento técnico, será um fator cada vez mais importante no planeamento da carreira dos nadadores, devendo-se ajustar a orientação do treino por forma a melhorar o rendimento (Costa, Bragada, e Marinho, 2012).

Desta forma, o presente estudo pretendeu (1) contribuir para uma melhor compreensão da forma como as características antropométricas dos nadadores influenciam as variáveis cinemáticas; (2) analisar o nado do ponto de vista cinemático e perceber quais as variáveis mais determinantes na performance e (3) verificar a influência do treino técnico na performance longo de um determinado período.

2. METODOLOGIA

2.1 Amostra

A amostra inicial foi constituída por 18 nadadores de ambos os sexos (M=10; F=3) do escalão de Cadetes (A e B) pertencentes à mesma equipa . No entanto, ocorreram alguns “dropouts” ao longo da época, tendo existido uma desistência e apenas 13 atletas cumpriram os dois momentos de avaliação definidos inicialmente e correspondendo a diferentes momentos da época desportiva. Apresentavam idades compreendidas entre os 8 e os 12 anos, sendo a idade média de 10,11 anos \pm 0,97 anos aquando da 1ª avaliação.

Os encarregados de educação dos atletas participantes no estudo foram informados acerca dos objetivos e procedimentos a serem realizados do estudo, tendo sido obtida autorização para a avaliação das medidas antropométricas e recolha de imagens (vídeos) dos seus educandos em dois momentos ao longo da época desportiva 2016/2017 (Anexo 1).

2.2 Desenho do estudo

A 1ª recolha de dados foi realizada em Novembro de 2016 (M1) e a 2ª em Abril de 2017 (M2). Decorreram 18 semanas entre as duas recolhas, sendo que os atletas realizaram 61 treinos de 75 minutos cada, dando um total de 76,25 horas e um volume de 138050 metros nadados durante o macrociclo acima referido.

Depois de realizada uma seleção, apenas do treino técnico realizado neste intervalo de tempo, verificou-se que foram nadados 19225m para treinar a técnica de crol e 11700 metros foram nadados tendo como objetivo melhorar a técnica de costas (Tabela 1).

Tabela 2 – Caracterização do treino técnico realizado entre os dois momentos de avaliação

Caraterização do treino técnico			
Nº treinos entre M1 e M2		61	
Horas totais de treino entre M1 e M2 (1,25h/treino)		76,25h	
Volume total (m) nadados entre M1 e M2		138050 m	
Volume gasto para exercícios técnicos de crol	m		%
	19225		13,92 do volume total
Volume gasto para exercícios técnicos de costas	m		%
	11700		8,47 do volume total

2.2.1 Procedimentos para avaliação da performance

Os atletas realizaram duas provas máximas de 50m na técnica de crol e outras duas na técnica de costas. Foi considerada para análise, a prova em que obtiveram o melhor tempo. Os sujeitos foram avaliados individualmente numa pista para o efeito. A partida foi realizada no bloco e foi solicitado para cumprirem as provas à máxima velocidade, assemelhando-se, o mais possível a uma situação de competição. Os sujeitos nadaram numa ordem aleatória. A performance obtida pela recolha de imagens para posterior análise foi realizada numa piscina de 25m, com água à temperatura de 27,5º e o ambiente 29º. Antes da realização desta prova, os atletas efetuaram um aquecimento constituído por rotinas habituais, fora e dentro de água.

2.2.2 Procedimentos para captação e registo de imagens

As variáveis cinemáticas e componentes de prova foram obtidos a partir da captação de imagens de uma prova simulada de 50m realizados por cada um dos nadadores: uma em crol e outra na técnica de costas.

Os registos de vídeos foram realizados em simultaneamente por três câmaras: uma subaquática e duas aéreas. A câmara subaquática utilizada foi a *Gopro Hero*, ficando colocada aos 12,5 m a uma profundidade de 32 cm. A câmara utilizada para determinar o tempo de partida foi a *Gopro Hero+* colocada a 1,30m de altura, e a câmara que nos dará a vista total exterior foi a *CoolPix S8200 Nikon* que ficou elevada a 4,5 m do cais da piscina tendo sido colocada na bancada e elevada por um tripé. A figura 1 ilustra o posicionamento das câmaras na piscina.

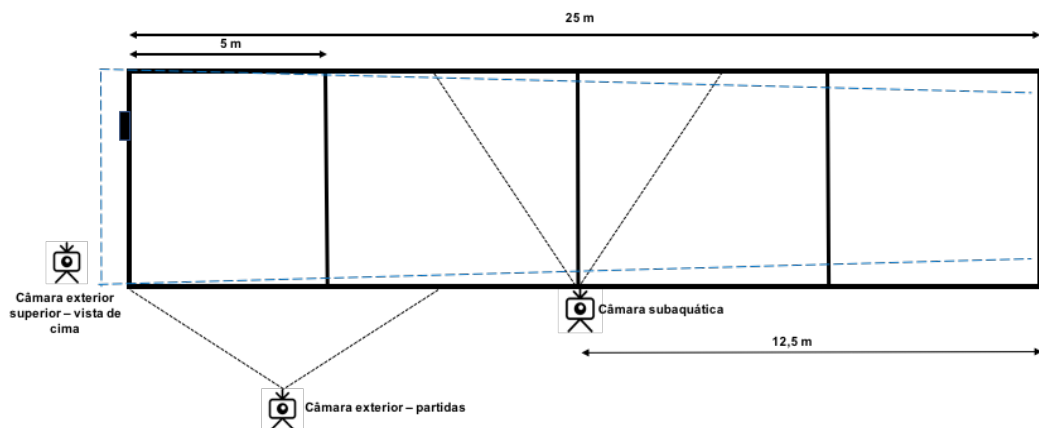


Figura 1 - Ilustração esquemática do modelo de captação de imagens

2.2.3 Determinação das variáveis cinemáticas e componentes de prova

Foram analisadas as variáveis cinemáticas as seguintes: (1) FG; (2) DC; (3) vel de nado; (4) IN, e (5) η_p .

O registo em vídeo, foi transferido para o computador para análise das variáveis cinemáticas recorrendo ao software *Tracker 4.96*.

A velocidade média de nado (v) em m/s foi calculada através do quociente entre a distância ($d=50m$) em m, e o tempo total de prova (t), em s.

$$v = \frac{d}{t}$$

Equação 1

onde v é a velocidade de nado (m/s), d é a distância percorrida (m) e t , o tempo (s) gasto para realizar determinada distância.

Através das imagens de vídeo foi determinada a frequência gestual (FG), em Hertz (Hz), com um crono-frequencímetro *Finis 3X-100M*. Esta variável foi determinada através da contagem de 3 ciclos completos de braçada, ou seja, iniciou-se a contagem aquando da entrada da mão direita na água e terminou-se quando esta voltou a entrar na água pela quarta vez. Fizeram-se 3 medições da FG e assumiu-se o valor intermédio.

A distância de ciclo (DC) foi calculada de acordo com o proposto por Craig e Pendergast (1979):

$$DC = \frac{v}{FG} \quad \text{Equação 2}$$

onde v indica a velocidade de nado em m/s e FG, a frequência gestual em Hertz (ciclos.seg^{-1}).

O índice de nado (IN) calculou-se através do produto entre a v e a Distância de Ciclo (DC).

$$IN = v \times DC \quad \text{Equação 3}$$

Quanto à eficiência propulsiva (η_p), esta foi obtida através da seguinte fórmula:

$$\eta_p = \left(\frac{v \times 0,9}{2\pi \times FG \times l} \right) \times \frac{2}{\pi} \times 100 \quad \text{Equação 4}$$

em que v representa a velocidade em m/s , FG a frequência gestual em Hz, e l define o comprimento do braço (cm).

2.2.4 Avaliação cineantropométrica

Para aferição das variáveis antropométricas assumiram-se as orientações de Sobral e Silva (1997). Os sujeitos apresentaram-se de fato de banho. As variáveis recolhidas foram: (1) estatura; (2) estatura sentado; (3) a envergadura, (4) o comprimento do braço; (5) a massa corporal, e; (6) pregas cutâneas tricipital, subescapular e geminal.

Assim, a estatura foi aferida através de um estadiómetro portátil *Bodimeter 206*, com os participantes descalços numa posição vertical e imóvel, com braços estendidos ao longo do corpo, palmas das mãos voltadas para dentro, e cabeça no plano horizontal de *Frankfurt*. Mediu-se a distância entre o *Vértex* e o plano de referência do solo.

Aquando da medição da estatura sentado (distância vértico-isquiática), utilizou-se um banco, de modo a que os avaliados ficassem sentados, com os joelhos a formar um ângulo de 90°, coluna ereta e a cabeça no plano de Frankfurt. Mediu-se a distância entre o *Vértex* e o assento do banco.

Determinou-se a envergadura através de uma fita métrica plástica, medindo a distância entre o *dactylion* esquerdo e direito. Os membros superiores estavam colocados em abdução e realizando um ângulo relativo de cerca de 90° com o tronco. O comprimento do braço foi avaliado com fita métrica e foi medida a distância desde o acrómio até à extremidade do dedo médio, com cotovelo e punhos em extensão.

Para a determinação da massa corporal, utilizou-se uma balança digital portátil *Seca Bella 840*. Os participantes realizaram a pesagem descalços, com braços estendidos ao lado do corpo e olhar dirigido para a frente. Estes deviam manter-se na plataforma durante alguns segundos para a devida anotação do valor de massa corporal.

Após determinação da massa corporal e da estatura determinou-se o IMC (índice de massa corporal através da seguinte fórmula:

$$IMC = \frac{M}{E^2} \quad \text{Equação 5}$$

em que M designa a massa corporal, em kilogramas (Kg), e E, a estatura, em metros (m).

As pregas subcutâneas foram determinadas através de um adipómetro *Slimguide*. A prega tricipital foi medida na face posterior do braço direito, pinçada verticalmente a meia distância entre os pontos *acromiale* e *radiale*. Para a medição da prega subescapular, posicionou-se o adipómetro obliquamente, com a prega dirigida para baixo e para o exterior, e avaliou-se imediatamente abaixo do vértice inferior da omoplata direita. A prega geminal foi obtida com os atletas sentados e os joelhos fletidos a 90°. A prega foi pinçada verticalmente na zona de maior circunferência da perna direita, na face interna. As fórmulas utilizadas para cálculo o somatório de pregas foi a de Slaughter, Lohman, e Boileau (1988) (2 pregas adiposas <35mm, todas as raparigas). Para as raparigas, foi a seguinte:

$$\%MG = 1,33x(Tric + Sub) - 0,013x(Tric + Sub)^2 + 2,5 \quad \text{Equação 6}$$

em que %MG é a percentagem de massa gorda, Tric é o valor da prega tricipital em mm, Sub é o valor da prega subescapular em mm.

Para a determinação da % de massa gorda em rapazes (pré-púberes) utilizou-se também a seguinte fórmula de Slaughter et al. (1988), de duas pregas adiposas < 35mm:

$$\%MG = 1,21x(Tric + Sub) - 0,008x(Tric + Sub)^2 - 1,7 \quad \text{Equação 7}$$

2.3 Procedimentos estatísticos

Os valores correspondentes às diferentes variáveis controladas foram objeto de análise descritiva através das medidas de tendência central e de dispersão. Após análise da normalidade dos dados, foi utilizado um teste não paramétrico, o teste de Wilcoxon, com o objetivo de comparar a performance dos sujeitos em dois momentos diferentes do estudo, e como forma de detetar se existem diferenças significativas entre os valores das duas situações, considerando os mesmos sujeitos. Como forma de verificar o nível de associação entre as variáveis foi usado o coeficiente de Spearman. Para todos os testes o nível mínimo de significância adotado foi de 5%.

Os procedimentos estatísticos foram realizados com recurso do sistema estatístico SPSS (SPSS, versão 24, Chicago, Illinois, EUA).

3. RESULTADOS

Os sujeitos da amostra, no momento da 1ª recolha apresentaram uma idade decimal de $10,11 \pm 0,97$ anos, e o pico de velocidade de crescimento teria sido atingido aos $13,46 \pm 0,59$ anos. Já no segundo momento o valor da idade decimal foi de anos, sendo que o pico de velocidade de crescimento seria alcançado aos $13,69 \pm 0,58$ anos.

Na tabela 2 são apresentados os dados antropométricos, bem como os respetivos valores da maturity offset, de ambos os momentos de recolha de dados

Tabela 2 – Variáveis antropométricas - Valores médios e de desvio padrão, mínimos, máximos e valores de p

	Momento 1			Momento 2			p
	M±DP	Min	Máx	M±DP	Min	Máx	
Estatura (cm)	136±0,06	128	145	139±0,06	129	149	0,001**
Estatura sentado (cm)	71,13±3,54	67,00	79,30	71,6±4,00	67,50	80,50	0,064
Envergadura (cm)	135,61±6,52	124,30	149,00	137,96±7,67	126,50	152,50	0,001**
Comprimento do braço (cm)	60,99±3,07	55,20	66,00	60,99±3,16	56,00	67,50	0,002*
Massa corporal (Kg)	29,93±3,35	26,50	37,40	31,10±3,66	27,20	37,80	0,004*
IMC (Kg/m²)	16,15±,89	14,98	17,79	16,17±0,84	14,76	18,17	0,701
Massa gorda (%)	12,07±4,89	9,07	26,21	12,78±4,79	9,07	26,21	0,012*
Maturity offset (anos)	-3,34±0,56	-4,30	-2,26	-3,15±0,56	-4,36	-1,87	0,033*

* $p \leq 0,05$ e ** $p \leq 0,01$

De acordo com os valores plasmados na tabela anterior, podemos deduzir que apenas os valores da estatura sentado e do IMC não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre M1 e M2.

Os valores de estatura sentado indicam que houve um aumento do valor médio, entre a 1ª e a 2ª recolha, mas o valor da significância demonstrou que as diferenças não assumem significado estatístico ($p=0,064$).

No que concerne aos valores de envergadura, podemos afirmar que estes aumentaram ($p=0,001$) e que as diferenças verificadas foram significativas.

Também os valores de comprimento do braço tiveram um incremento entre M1 e M2 ($p=0,002$), à semelhança do que sucedeu com os valores médios de massa corporal ($p=0,004$)

Relativamente ao IMC (índice de massa corporal), constatamos não existir diferença entre os dois momentos de recolha. Por outro lado, os valores médios relativos ao somatório de pregas cutâneas indicam que houve um aumento, entre M1 e M2 ($p=0,012$).

No que se refere ao maturity offset, os valores revelam, entre M1 e M2, a existência de alterações com significado.

As variáveis cinemáticas no nado de crol encontram-se plasmados na tabela 3. No que respeita à vel, tal como podemos observar na tabela abaixo, os valores de médios são mais elevados no M2 da avaliação, revelando que os nadadores forma mais rápidos no 2º momento ($p=0,012$).

A FG, por sua vez, não indicou diferenças da primeira para a segunda avaliação ($p=0,349$) tendo os valores desta variável permaneceram praticamente inalterados.

Os valores obtidos para a DC, em M1 e M2, também não sofreram alterações ($p=0,345$), anda que se tenha verificado um ligeiro aumento nos valores.

Tabela 3 - Estatística descritiva das variáveis cinemáticas no nado de crol, nos momentos de avaliação realizados. Velocidade, Frequência Gestual, Distância de Ciclo, Índice de Nado e Eficiência propulsiva

	Momento 1			Momento 2			p
	M±DP	Mín	Máx	M±DP	Mín	Máx	
Velocidade (m/s)	1,15±0,16	0,87	1,41	1,22±0,15	0,97	1,43	0,012*
Frequência gestual (Hz)	0,62±0,05	0,55	0,70	0,64±0,23	0,52	0,73	0,349
Distância de ciclo (m)	1,86±0,20	1,53	2,14	1,92±0,52	1,58	2,32	0,345
Índice de nado (m²/c/s)	2,16±0,49	1,33	2,82	2,36±3,62	1,54	3,08	0,028*
Eficiência propulsiva (%)	39,42±3,68	32,87	33,90	40,78±4,46	13,47	31,36	0,345

*p≤0,05

Quanto ao IN, podemos afirmar que do 1º para o 2º momento registou-se um incremento nos valores relativos a este (p=0,028).

Seguidamente, apresentam-se os resultados obtidos para as variáveis cinemáticas no nado de costas (Tabela 4).

Tabela 4 - Estatística descritiva das variáveis cinemáticas no nado de costas, nos momentos de avaliação realizados. Velocidade, Frequência Gestual, Distância de Ciclo, Índice de Nado e Eficiência propulsiva

	Momento 1			Momento 2			p
	M±DP	Mín	Máx	M±DP	Mín	Máx	
Velocidade (m/s)	0,96±0,15	0,72	1,14	1,01±0,14	0,75	1,18	0,01**
Frequência gestual (Hz)	0,54±0,05	0,49	0,68	0,53±0,04	0,45	0,60	1,0
Distância de ciclo (m)	1,80±0,27	1,46	2,21	1,91±0,24	1,62	2,27	0,09
Índice de nado (m²/c/s)	1,77±0,51	1,06	2,49	1,96±0,49	1,24	2,67	0,04*
Eficiência propulsiva (%)	38,19±5,41	31,60	19,65	40,50±4,00	11,27	34,79	0,087

*p≤0,05 e **p≤0,01

Ao analisar a vel, podemos verificar a evolução de M1 para M2 (valor de p=0,011). Já a FG não se alterou (p=1,0) entre a 1ª recolha e 2ª recolhas de dados.

Ainda que os dados relativos à DC demonstrem que os valores de M2 são superiores a M1, o valor não atinge significância (p=0,09).

Podemos ainda verificar que, apesar da FG ter diminuído de M1 para M2, a DC aumentou, e a velocidade também. Quanto ao IN, os valores indiciam a obtenção de melhores resultados em M2 (p=0,04).

No referente à η_p , observamos que os valores de M2 são superiores a M1 embora não tendo atingido significado estatístico (p=0,087).

4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Foi objetivo do presente estudo analisar as variações existentes nas variáveis cinemáticas e antropométricas, numa prova de 50m, nos estilos de crol e costas, entre dois momentos de avaliação.

Os estudos existentes com nadadores jovens não é tão frequente como com nadadores adultos ou de elite, sendo que, do nosso conhecimento, não existe nenhum estudo com populações das idades estudadas por nós no presente trabalho. Além disso, das pesquisas analisadas com nadadores jovens, apenas um estudo utilizou os 50m como distância para análise.

4.1 Variáveis antropométricas

Os fatores antropométricos são fatores determinantes na performance. No entanto, estes são intrínsecos a cada um e não poderão ser facilmente alterados, mas há que tomá-los em conta (Morais, Silva, & Marinho, 2017).

Na análise efetuada, foi possível concluir que todas as variáveis antropométricas obtiveram um incremento de M1 para M2, o que reitera os estudos realizados por Moraes, Saavedra, e Costa (2013) que analisou os atletas em 3 momentos ao longo de uma época desportiva, e por Lätt et al. (2009) que mensurou os atletas ao longo de 2 anos. No entanto, a estatura sentada e o IMC não revelaram diferenças estatisticamente significativas entre os dois momentos de avaliação. No artigo de Moraes et al. (2013) encontraram-se também variações significativas em todas as variáveis antropométricas avaliadas (massa corporal, altura, envergadura, perímetro do peito, áreas da mão, pé e tronco) ao longo de uma época desportiva, avaliadas em 3 momentos diferentes. O mesmo estudo revelou, ainda, que as variáveis antropométricas têm um papel fundamental na melhoria da performance e sua estabilidade. No mesmo sentido, o nosso estudo corrobora os resultados obtidos por (Morais, Silva, & Marinho, 2016), em que os autores avaliaram nadadores em 3 momentos ao longo da época, tendo os resultados indicado variações significativas nas variáveis antropométricas ao longo desse período.

O estudo de Saavedra et al., 2010 refere que a estatura aparece como sendo um bom preditor da performance em nadadores jovens, e que esta está intimamente ligada à envergadura (Morais et al., 2013) que representa uma importante contribuição para a

performance (Silva, Figueiredo & Seifert, 2013). Os nossos resultados, demonstraram diferenças estatisticamente significativas entre os valores de M1 e M2, sendo mais altos em M2, em ambas as medidas, o que é também confirmado por Saavedra et al. (2010), que afirmam que nadadores mais altos apresentam maior envergadura e, conseqüentemente, uma melhor eficiência de nado. O nosso estudo reitera este facto, já que, tanto no nado de crol como no nado de costas, o índice de nado aparece com valores significativamente melhores no M2. Assim, os nadadores de elite são mais altos, apresentam uma maior envergadura, o que lhes permite aumentar a DC, impondo uma maior vel, um IN mais alto, e conseqüentemente, uma melhor performance (Morais et al., 2013). No entanto, no nosso estudo, os nadadores são bastante mais novos e estão em processo de aprendizagem, daí que ao nível das variáveis cinemáticas, os resultados não sejam contundentes com os dos nadadores de alto nível.

No respeitante às pregas adiposas, estas também demonstraram diferenças estatisticamente significativas entre momentos, aumentando os valores de M1 para M2, sugerindo que a percentagem de massa gorda aumentou, o que poderá não ser favorável para os nadadores. Conforme afirma Siders, Lukaski, e Bolonchuk (1993), os valores percentuais elevados de massa magra e os baixos de massa gorda, são determinantes para o rendimento em vários desportos, no entanto, ao nível da NPD esta questão não está bem clara, já que a massa gorda, poderá trazer algumas vantagens tais como maior fluutuabilidade e, por isso, menor gasto energético, principalmente devido à ação facilitada pelos membros inferiores na manutenção de um correto alinhamento do corpo (Pendergast, Prampero, & Craig, 1977). O estudo de Bond et al. (2015) indica, por sua vez, que os nadadores classificados como mais rápidos, apresentam um somatório de pregas mais baixas.

4.2 Variáveis biomecânicas

Tanto no nado de crol como no nado de costas, as variáveis em que se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre M1 e M2, foram a vel e o IN. Os valores de vel aumentaram do M1 para M2, sendo que o mesmo se verificou no estudo de Moraes et al. (2013) em que se constataram variações significativas ao longo de 3 momentos da época desportiva (diferenças significativas entre M1-M2, M2-M3 e mas não de M1-M3). Para a DC, que obteve valores mais elevados, no M2, em ambos os

estilos, aconteceu exatamente o mesmo que no estudo referido anteriormente para a variável *vel*, verificaram-se flutuações nos resultados. Já a *FG* obteve valores ligeiramente mais elevados no *M2* no nado de crol, mas no nado de costas, os valores diminuíram ligeiramente de uma para a outra avaliação, não se verificando diferenças estatisticamente significativas entre momentos. As situações anteriormente referidas poderão justificar-se da seguinte forma: em jovens nadadores, estes adaptam as suas *FG* e *DC* às suas características antropométricas de forma a obter maior *vel* de nado possível (Figueiredo, Silva, & Sampaio, 2016).

Quanto ao *IN* também ocorreram diferenças estatisticamente significativas de *M1* para *M2*, tal como ocorrido na investigação de Morais et al. (2013) em 3 momentos diferentes da época desportiva. Estes dados poderão reiterar que o trabalho técnico realizado com os atletas, poderá ter tido uma influência bastante positiva na melhoria do nado, já que o *IN* é uma variável de eficiência. A capacidade de percorrer uma dada distância (maior *DC*) a uma maior *v*, representa uma melhoria na eficiência de nado. Assim, os treinadores deverão despender mais tempo de treino em exercícios técnicos e isso pode refletir-se na performance (Morais, Marques, e Marinho, 2014; Morais et al., 2012). Até porque, havendo uma melhoria técnica, verifica-se uma maior eficiência, e conseqüentemente, a performance. Também a η_p apresenta associações positivas com a performance (Barbosa, Costa, & Marinho, 2010), mas o nosso estudo, esta não obteve diferenças significativas entre os dois momentos.

Para a *FG*, *DC* e η_p as diferenças não se revelaram significativas. Aqui, pensamos que o fator tempo poderá ter alguma influência, pois entre os dois momentos avaliados, apenas decorreram 18 semanas, o que poderá não ser suficiente que as melhorias se revelem significativas em todos os aspetos cinemáticos.

5. CONCLUSÕES

A performance é determinada por uma vasta conjugação de fatores: antropométricos, biomecânicos, energéticos e hidrodinâmicos. As mudanças nos vários fatores deverão ser tidas em conta na identificação de talentos e desenvolvimento de programas de treino com vista à melhoria da performance a longo prazo.

Os principais resultados indicam que os parâmetros cinemáticos deverão servir para (1) avaliar a evolução técnica dos atletas ao longo da época desportiva; (2) fazer uma comparação entre atletas; e (3) detetar, em termos técnicos, os pontos fortes e fracos

de cada um. Assim, deve haver uma maior preocupação, por parte dos treinadores, em planificar treinos com grande ênfase ao nível técnico, já que poderão ter repercussões bastante positivas ao nível da performance.

Recomenda-se a análise de parâmetros cinemáticos como um utensílio importante para técnicos de natação (Franken, Carpes, & Castro, 2008) já que: (1) podem ser obtidos de modo indireto; (2) não necessitam de equipamentos de elevado nível de sofisticação; (3) auxiliam na avaliação o desempenho dos atletas, nos possíveis efeitos de treino e na realização do planeamento (Caputo, Lucas, & Greco, 2000).

Estes devem também tomar atenção ao crescimento e maturação dos atletas, bem como às alterações antropométricas ocorridas ao longo das épocas.

Pretende-se ainda que este trabalho forneça um contributo importante aos treinadores, por forma a realizarem planeamento mais adequado às necessidades de cada atleta.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbosa, T., Costa, M., Marinho, D., Coelho, J., Moreira, M., & Silva, A. J. (2010). Modeling the Links Between Young Swimmers' Performance: Energetic and Biomechanic Profiles. *Pediatric Exercise Science*, 22(3), 379-391. doi:DOI 10.1123/pes.22.3.379
- Barbosa, T., Marinho, D., Costa, M., & Silva, A. (2011). Biomechanics of Competitive Swimming Strokes. In V. Klika (Ed.), *Biomechanics in Applications*. Rijeka: InTech.
- Bond, D., Goodson, L., Oxford, S., Nevill, A., & Duncan, M. (2015). The Association between Anthropometric Variables, Functional Movement Screen Scores and 100 m Freestyle Swimming Performance in Youth Swimmers. *Sports*, 3(1), 1-11. doi:10.3390/sports3010001
- Costa, M., Bragada, J., Marinho, D., Silva, A., & Barbosa, T. (2012). Longitudinal interventions in elite swimming: a systematic review based on energetics, biomechanics, and performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), 2006-2016. doi:10.1519/JSC.0b013e318257807f
- Fernandes, R., Barbosa, T., & Vilas-Boas, J. (2002). Fatores cineantropométricos determinantes em natação pura desportiva. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 4(1), 67-79.
- Ferreira, M., Silva, A., Oliveira, D. d., Garrido, N., Barbosa, T., Marinho, D., & Reis, V. (2012). Analysis of the determinant kinematical parameters for performance in the 200-m freestyle swimming event. *Motriz - Revista De Educação Física*, 18(2), 366-377.
- Figueiredo, P., Silva, A., Sampaio, A., Vilas-Boas, J., & Fernandes, R. (2016). Front Crawl Sprint Performance: A Cluster Analysis of Biomechanics, Energetics, Coordinative, and Anthropometric Determinants in Young Swimmers. *Motor Control*, 20(3), 209-221. doi:10.1123/mc.2014-0050
- Franken, M., Carpes, F. P., Castro, F. A. S. (2008). Relação entre cinemática e antropometria de nadadores recreacionais e universitários. *Motriz*, 14(3), 329-336.
-

-
- Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Latt, E., Purge, P., Leppik, A., & Jürimäe, T. (2007). Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, *19*(1), 70-81.
- Lätt, E., Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Purge, P., & Jürimäe, T. (2009). Longitudinal development of physical and performance parameters during biological maturation of young male swimmers. *Perceptual & Motor Skills*, *108*(1), 297-307.
- Lätt, E., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Rämson, R., Haljaste, K., Jürimäe, T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, *9*(3), 398-404.
- Morais, J., Garrido, N., Marques, M., Silva, A., Marinho, D., & Barbosa, T. (2013). The Influence of Anthropometric, Kinematic and Energetic Variables and Gender on Swimming Performance in Youth Athletes. *Journal of Human Kinetics*, *39*(1), 203-211. doi:10.2478/hukin-2013-0083
- Morais, J., Jesus, S., Lopes, V., Garrido, N., Silva, A., Marinho, D., & Barbosa, T. (2012). Linking Selected Kinematic, Anthropometric and Hydrodynamic Variables to Young Swimmer Performance. *Pediatric Exercise Science*, *24*(4), 649-664.
- Morais, J., Marques, M., Marinho, D., Silva, A., & Barbosa, T. (2014). Longitudinal modeling in sports: Young swimmers' performance and biomechanics profile. *Human Movement Science*, *37*, 111-122. doi:10.1016/j.humov.2014.07.005
- Morais, J., Saavedra, J., Costa, M., Silva, A., Marinho, D., & Barbosa, T. (2013). Tracking young talented swimmers: follow-up of performance and its biomechanical determinant factors. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, *15*(3), 129-138. doi:10.5277/abb130316
- Morais, J., Silva, A. J., Marinho, D., Marques, M., Batalha, N., & Barbosa, T. (2016). Modelling the relationship between biomechanics and performance of young sprinting swimmers. *European Journal of Sport Science*, *16*(6), 661-668. doi:10.1080/17461391.2016.1149227
-

-
- Morais, J. E., Saavedra, J. M., Costa, M. J., Silva, A. J., Marinho, D. A., & Barbosa, T. M. (2013). Tracking young talented swimmers: follow-up of performance and its biomechanical determinant factors. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 15(3), 129-138. doi:10.5277/abb130316
- Morais, J. E., Silva, A. J., Marinho, D. A., Lopes, V. P., & Barbosa, T. M. (2017). Determinant Factors of Long-Term Performance Development in Young Swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 198-205. doi:10.1123/ijsp.2015-0420
- Pendergast, D.R., Prampero, P.E., Craig, A.B., Wilson, D., Rennie, W. (1977) Quantitative analysis of front crawl in men and women. *Journal of Applied Physiology*, 43, 475-479.
- Saavedra, J., Escalante, Y., & Rodríguez, F. (2010). A Multivariate Analysis of Performance in Young Swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 22(1), 135-151.
- Siders, W.; Lukaski, H. & Bolonchuk, W. (1993). Relationships among swimming performance, body composition and somatotype in competitive collegiate swimmers. *Journal Sports Medicine and Physical Fitness*, 33, 166-171.
- Silva, A., Figueiredo, P., Seifert, L., Soares, S., Vilas-Boas, J., & Fernandes, R. (2013). Backstroke Technical Characterization of 11-13 Year-Old Swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(4), 623-629.
- Slaughter M. H., Lohman T. G., Boileau R. A., Horswill C. A., Stillman R. J., Van Loan MD & Bembien D.A. (1988). Skinfold Equations for Estimation of Body Fatness in Children and Youth. *Human Biology*, 60(5), 709-723.
- Sobral, F., & Silva, M. J. C. (1997). *Cinenatropometria: Curso Básico* (Faculdade de Ciências do Desporto e da Educação Física ed.). Coimbra.
-

7. LIMITAÇÕES

Ao longo do estudo fomos encontrando algumas limitações. Inicialmente, o estudo pretendia analisar os atletas em três momentos, o longo da época desportiva 2016.2017. No entanto, por problemas técnicos com as câmaras fotográficas/de filmar e o seu posicionamento, apenas pudemos aproveitar os dados das 1ª e 2ª recolha. Relativamente à amostra de estudo esta seria, de início, composta por 18 atletas, mas no final ficou reduzida a 13 atletas. Isto porque, realizaram-se 3 momentos de avaliação, 1 em cada macrociclo, mas os atletas não compareceram a todas as recolhas. Houve também uma desistência de uma atleta a meio da época.

O grupo de sujeitos avaliados era também bastante heterogénea, sendo constituída, tanto por nadadores pertencentes ao escalão de Cadetes A, como pertencentes a Cadetes B2 (dois anos mais novos do que os Cadetes A). Ora, esta discrepância de idades revela, por si só, que o nível técnico dos elementos seja muito diferente, daí que as diferenças entre os valores mínimos e máximos, no que respeita às variáveis cinemáticas, sejam bastante díspares.

O facto da recolha de dados não ter sido realizada em contexto de competição real (provas) e o facto dos atletas serem de faixas etárias mais baixas, poderá ter tido alguma influência negativa nos resultados, apesar dos procedimentos terem sido claramente explicados antes das recolhas de imagem (vídeo).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nosso estudo pretendeu analisar o nado do ponto de vista cinemático, por forma a perceber quais as diferenças ocorridas entre dois momentos distintos da época desportiva e se se verificaram melhorias na performance dos nadadores. No entanto, para melhor contextualização deste e por forma a compreender quais os outros fatores preponderantes no desempenho de jovens nadadores, realizou-se uma revisão sistemática de literatura, verificando-se que a performance na natação não depende de fatores isolados, mas sim de uma interação complexa entre vários fatores. Pudemos constatar que os fatores antropométricos, biomecânicos, energéticos e hidrodinâmicos são os que mais interferem ao nível da performance da natação.

No que respeita aos dados do estudo II, todas as variáveis antropométricas analisadas aumentaram. As variáveis cinemáticas vel e IN indicaram diferenças significativas

entre os dois momentos. Este facto pode indiciar que o treino técnico foi fator preponderante na melhoria da performance, uma vez que o índice de nado é um indicador de eficiência de nado.

As variáveis antropométricas e cinemáticas deverão ser avaliadas mais frequentemente, pois poderão fornecer dados importantes, aos quais o treinador deverá estar atento, por forma a adaptar o planeamento em função desses mesmos resultados.

Desta forma, sugere-se a realização de mais estudos com nadadores pertencentes ao escalão de cadetes, uma vez que a sua existência é escassa. Propõe-se também a execução de estudos longitudinais, ao longo de toda a etapa do escalão de cadetes ou mesmo a sua continuação pelos anos seguintes, para um maior conhecimento e compreensão da evolução dos atletas ao nível da performance na natação. Os parâmetros psicológicos, indexados aos anteriormente referidos, poderão também ser alvo de estudo

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Franken, M., Carpes, F. P., Castro, F. A. S. (2008). Relação entre cinemática e antropometria de nadadores recreacionais e universitários. *Motriz*, 14(3), 329-336.
- Garrido, N.; Marinho, D. A.; Reis, V. M.; Roland, T.; Costa, A. M.; Silva, A. J.; Marques M. C. (2010) Does combined dry land strength and aerobic training inhibit performance of young competitive swimmers? *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 300 – 310.
- Greco, C., Pelarigo, J., Figueira, T., & Denadai, B. (2007). Effects of gender on stroke rates, critical speed and velocity of a 30-min swim in young swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(4), 441-447.
- Jürimäe, J., K. Haljaste, A. Cicchella, et al (2007). Analysis of swimming performance from physical, physiological and biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 19, 70–81.
- Lätt, E., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Rämson, R., Haljaste, K., Jürimäe, T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(3), 398-404.
- Rama, L.; Alves, F. (2007) Factores determinantes dos nadadores portugueses pré-juniores. 27º Congresso Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação. Livro de Resumos, 24-26. Lisboa.
- Vitor, F., & Böhme, M. (2010). Performance of young male swimmers in the 100-meters front crawl. *Pediatric Exercise Science*, 22(2), 278-287.
-

ANEXO I – Termo de Consentimento**Pedido de autorização para recolha de imagens**

Exmo. (a) Sr.(a) Encarregado de Educação

Eu, Luísa Cristina Gaspar Jorge, aluna do Mestrado em Treino Desportivo para Crianças e Jovens, venho por este meio, solicitar a autorização de V^a Ex^a, para a recolha de imagem (vídeo) e medidas antropométricas do seu educando. As imagens e vídeos realizados servirão unicamente para fins académicos estando a identidade e privacidade dos alunos assegurada.

O Orientador

(Professor Doutor Luís Rama)

A Discente

(Luísa Gaspar)

Pedido de autorização para recolha de imagens

Eu, _____, Encarregado (a) de Educação do (a) atleta _____ declaro que autorizo a recolha de imagens e de medidas antropométricas do meu educando.

Encarregado de Educação

Lousã, ___ de _____ de 2016
