Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Educação Física
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano
Dissertação de Mestrado

DETERMINAÇÃO DA COORDENAÇÃO DE NADO POR MEIO DA ANÁLISE CINÉTICA E CINEMÁTICA NO ESTILO *CRAWL*

Felipe Collares Moré

Porto Alegre, Julho de 2008

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

Felipe Collares Moré

DETERMINAÇÃO DA COORDENAÇÃO DE NADO POR MEIO DA ANÁLISE CINÉTICA E CINEMÁTICA NO ESTILO *CRAWL*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bolli Mota

Porto Alegre

2008

CATALOGAÇÃO NA FONTE

M835d Moré, Felipe Collares
Determinação de coordenação de nado por meio da análise cinética e cinemática no estilo crawl. / Felipe Collares Moré. - Porto Alegre: Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.
99 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Porto Alegre, BR-RS, 2008.

1. Cinesiologia. 2. Natação. 3. Nado crawl. I. Título. II. Mota, Carlos Bolli, orientador.

CDU: 796.012:797.2

Ficha catalográfica elaborada por Cintia Cibele Ramos Fonseca, CRB-10/1313

AGRADECIMENTOS

À minha família, por toda educação que me proporcionaram e por terem me incentivado durante todos os anos de estudo;

À meu pai: Eng. Victor Lourenço Moré, grande responsável por projetar e confeccionar os equipamentos utilizados neste estudo, sem sua ajuda nada disso teria passado de uma idéia;

Ao meu orientador: Prof. Dr. Carlos Bolli Mota;

Ao mentor e amigo: Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro por incentivar e realização deste estudo desde que era apenas um projeto e por suas incansáveis orientações durante estes quase dez anos de convivência;

Aos meus amigos professores: Ms. Rodrigo Rico Bini, Ms. Fernando Diefenthaeler e Ms. Felipe Piveta Carpes, por estarem sempre prontos e dispostos a discutir qualquer questão e me ajudar incrivelmente durante todo o mestrado;

Aos amigos professores: Ricardo Peterson Silveira (Chups), Marcos Franken (Boi), Rodrigo Zacca, Fernando de Aguiar Lemos e Jeam Geremia, pelas ajudas e debates proporcionados ao longo desse tempo de convivência acadêmica;

Aos meus grandes amigos e sócios: Prof. Fernando Gabe Beltrami e Prof. Daniel Faria Bagatini, por terem compreendido o motivo de minha ausência e tocado nosso sonho, a Even Faster Sports, com a máxima competência;

A todas as pessoas supracitadas por terem me auxiliado durante a fase de coleta dos dados para esta dissertação;

A todos os "Loucos Varridos da 212" e integrantes do GPBIC: Flávio, Marco, Bini, Carpes, Diefenthaeler, Rafa, Marcos, Jeam, Aguiar, Ricardo, Mel, Fábio, Siomara, Aline e demais colegas que, de alguma forma, contribuíram com este trabalho, seja com as bolachas recheadas, balas de goma e refrigerantes ou com a engrandecedora oportunidade de conviver com vocês;

Aos professores: Dr. Marco Aurélio Vaz e Dr. Alberto Reinaldo Reppold Filho (Betão) por estarem sempre dispostos a ajudar todos os estudantes próximos a eles;

Aos treinadores e amigos: Prof. Cristiano José Klaser (Kiko), Prof. Fábio Henrique Minghelli, Prof. Henrique Marquardt Lammerhirt e Prof. Caio Castanho Bagaiolo Contador por incentivar a realização deste estudo, ceder seus atletas e acreditar que a ciência pode contribuir muito na preparação dos nadadores;

Aos atletas que se dispuseram a participar deste estudo, dentre os quais muitos amigos de longa data que sempre acreditaram no meu trabalho;

Aos nadadores e grandes amigos que se prontificaram como verdadeiras e incansáveis “cobaias” durante a preparação e ajustes dos equipamentos desenvolvidos para este estudo;

Aos técnicos-administrativos do LAPEX e do PPGCMH pelo profissionalismo e excelência na atuação;

Aos membros da banca examinadora: Profa. Dra. Camila Coelho Greco, Prof. Dr. Jefferson Fagundes Loss e Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro pela atenção dispensada a este estudo.

RESUMO

A coordenação espaço-temporal dos movimentos dos braços de nadadores competitivos tem demonstrado ser um importante fator ligado a velocidade de nado e ao desempenho desses atletas. Os modelos básicos de coordenação comumente percebidos são: (1) captura – caracterizado pela existência de períodos sem propulsão entre a execução de cada braçada; (2) oposição – o movimento propulsivo de um braço inicia no exato instante em que o braço contra-lateral finaliza a fase propulsiva de seu movimento; (3) sobreposição – caracterizado por períodos com ação propulsiva simultânea dos dois braços. O objetivo deste estudo foi comparar os resultados da análise da simetria e da coordenação do nado *crawl* obtidos por meio dos métodos de cinemetria e dinamometria durante testes de nado livre e nado amarrado. Foram avaliados 13 nadadores federados voluntários do sexo masculino (idade: 19,4 ± 5,3 anos, estatura: 179,0 ± 5,2 cm, envergadura: 188,1 ± 6,0 cm, massa: 70,5 ± 8,7 kg, desempenho: 78,5 ± 4,2 % do recorde mundial de 50 m livres). Para obtenção das demais variáveis do estudo os nadadores foram submetidos à execução de dois protocolos distintos, realizados em piscina 25 m: (A) nado livre: 50 m nadados na máxima velocidade, com partida de dentro da piscina. Os atletas tiveram seu nado filmado (50 Hz) por duas câmeras colocadas dentro da água, uma em cada borda lateral da piscina, que foram deslocadas por operadores treinados a uma velocidade semelhante à velocidade de deslocamento do mesmo e (B) nado amarrado: nado estacionário em máxima intensidade com duração semelhante a do teste de nado livre. Os atletas tiveram a resultante das forças aplicadas por braçada medida por um transdutor de força fixado a borda da piscina onde era preso o cabo que estava ligado as suas cinturas e seus nados filmados (50 Hz) por duas câmeras posicionadas lateralmente a eles, sob a água. Um módulo eletrônico de sincronismo foi utilizado para disparar, simultaneamente, um sinal luminoso nas duas filmadoras e um pulso elétrico no sistema de aquisição dos dados oriundos do transdutor de força, possibilitando a posterior análise dos sinais oriundos de todos os aparatos utilizados para coleta dos dados. A partir da análise das imagens obtidas durante a execução de ambos os protocolos foram mensurados o índice de coordenação de nado (IdC), para ambos os braços (IdC1 e IdC2), em nado livre e nado amarrado e a freqüência média de braçadas (FB) na primeira e segunda metades do teste executado durante a aplicação de cada um dos protocolos. Os dados oriundos do transdutor de força permitiram a mensuração da diferença de tempo entre os picos de força aplicada por braçada (DFTA) para ambos os braços (DTFA1 e DTFA2). Os resultados mostraram um menor valor médio de IdC apresentado durante no

nado livre (-3,59 ± 8,63 %) em relação ao nado amarrado (0,59 ± 7,92 %) indicando que, ao executarem o nado livre, os atletas adotam uma coordenação no modelo de captura e ao executarem o nado amarrado adotam uma coordenação em sobreposição, porém com valores que indicam uma possível coordenação no modelo de oposição. Diferentes valores de IdC1 (-0,36 ± 7,44 %) e IdC2 (- 6,94 ± 8,52 %) foram encontrados em nado livre e nado amarrado (IdC1 = 3,76 ± 8,27 % e IdC2 = -2,54 ± 6,12 %). Os valores de FB apresentados pelos atletas na primeira metade de cada um dos testes foram significativamente mais elevados do que os valores de FB apresentados na segunda metade do respectivo teste (nado livre: [$t_{(12)}$ = 6,996; p < 0,001]; nado amarrado: [$t_{(12)}$ = 3,026; p = 0,011]). A comparação entre os valores de IdC1 e IdC2 adotados durante a execução de cada um dos protocolos mostrou que, durante o nado amarrado, todos os sujeitos apresentaram coordenação assimétrica enquanto durante o nado livre apenas três, dos 13 avaliados, foram considerados simétricos. A comparação entre os valores de DTFA1 e 2 demonstrou que apenas quatro sujeitos foram simétricos. A comparação dos valores da FB adotada pelos atletas mostrou que significativos maiores valores de FB foram apresentados durante o nado livre (FBiniL = 0,95 ± 0,08 ciclos.s^{-1}, FBfinL = 0,88 ± 0,08 ciclos.s^{-1}) em ralação ao nado amarrado (FBiniA = 0,79 ± 0,09 ciclos.s^{-1}, FBfinA = 0,76 ± 0,10 ciclos.s^{-1}) na primeira e na segunda metades de ambos os testes. As comparações entre os valores de IdC apresentados durante nado livre e nado amarrado indicaram que apenas quatro, dos 13 sujeitos avaliados, mantiveram semelhantes valores para IdC1 e 2 em ambas as situações de nado. Apenas 3 dos sujeitos avaliados apresentaram valores significativos de correlação entre as variáveis IdC e DTFA. Com base nos achados deste estudo concluiu-se que: (1) durante os 50 m livres executados em máxima velocidade, os nadadores apresentaram, em média, uma coordenação no modelo de captura; (2) durante o nado amarrado os avaliados apresentaram uma coordenação em sobreposição, muito próxima da oposição; (3) o IdC e a FB medidas durante o nado livre foram diferentes das medidas durante o nado amarrado, indicando alterações da técnica; (4) a maioria dos nadadores avaliados manteve uma coordenação de nado considerada assimétrica em ambas as situações testadas e (5) a DTFA não se configurou como um parâmetro aceitável para determinação das simetrias e do modelo de coordenação de nado adotados durante o nado livre. Futuras investigações a cerca deste tema se fazem necessárias.

Palavras-chave: natação, *crawl*, coordenação de nado, nado livre, nado amarrado

ABSTRACT

The spatial-temporal and coordinative structures of arms movements in competitive swimmers has been shown to be an important factor associated with swimming speed and performance of these athletes. The basic models of coordination commonly quoted are: (1) catch-up – describes a lag time between the propulsive forces of the two arms; (2) opposition – the propulsive phase of one arm begins when the other arm has just finished its propulsive phase; (3) superposition – describes an overlap of the propulsive phases of the two arms. The aim of this study was to compare the symmetry and the coordination analysis of front crawl swimming obtained through the kinematic and kinetic methods of free and tethered front crawl swimming. Thirteen male competitive swimmers volunteered this investigation (age: 19,4 ± 5,3 years, height: 179,0 ± 5,2 cm, arm span: 188,1 ± 6,0 cm, weight: 70,5 ± 8,7 kg, performance: 78,5 ± 4,2 % of world record at 50 m free style). Subjects underwent two different test protocols, both in a 25m indoor pool: (A) front crawl stroke: 50 m maximum swimming test, starting inside the pool. The athletes were recorded during all the test (50 Hz) by two underwater cameras, one on each lateral side of the pool, being transported by two experienced investigators at a speed equal to that of the swimmer, and (B) tethered swimming: tethered swimming at maximal intensity for the same period of the previous 50 m maximum test. Resultant force applied during each stroke was recorded by a force transductor attached on one side to the wall of the pool and on the other side to an inextensible cable that was attached to the swimmer's hips. The test was recorded during (50 Hz) by two underwater cameras, one on each lateral side of the swimmer. An electronic synchronization module was used to fire a LED light on both cameras and an electric pulse to the force acquisition recorder of the force transductor at the same time, this way allowing for correct interpretation of all data. From the images analysis of both protocols, we measured the index of coordination (IdC) for both arms (IdC1 and IdC2) during front crawl swimming and tethered swimming and the average stroke rate (SR) for the first and second half of both protocols. The data from the force transductor allowed for the determination of the time difference between the peak force applied per stroke (PFAS) for each arm (PFAS1 and PFAS2). The results show a smaller IdC mean for front-crawl stroke (-3,59 ± 8,63 %) compared to tethered swimming (0,59 ± 7,92 %), indicting that during front-crawl stroke the athletes prefer a catch-up coordination model, and during the tethered swimming condition they use a superposition coordination model, although some values suggest that some swimmers adopts opposition model during tethered swimming. Different values of IdC1 (-0,36 ± 7,44 %) and IdC2 (- 6,94

± 8,52 %) were found for front-crawl and tethered swimming (IdC1 = 3,76 ± 8,27 % and IdC2 = -2,54 ± 6,12 %). Values of SR for the first half were higher than for the second half, irrespective of test condition (front-crawl: [$t_{(12)}$ = 6,996; p < 0,001]; tethered swimming: [$t_{(12)}$ = 3,026; p = 0,011]). Comparison between IdC1 and IdC2 used by athletes during the protocols revealed that during tethered swimming all subjects showed an asymmetric coordination, and during the front-crawl swimming only three subjects were considered symmetric. Comparison of SR values revealed significantly higher values for free swimming condition (SRiniF = 0,95 ± 0,08 stroke.s^{-1}, SRfinF = 0,88 ± 0,08 stroke.s^{-1}) compared to tethered swimming condition (SRiniT = 0,79 ± 0,09 stroke.s^{-1}, SRfinT = 0,76 ± 0,10 stroke.s^{-1}), for both the first and second halves. The comparisons between IdC values of front-crawl and tethered swimming revealed that only four, of thirteen subjects evaluated, did have similar IdC1 and IdC2 values during both tests. Only three subjects showed a significant correlation between IdC and PFAS. Based on the findings of this study it was concluded that: (1) during 50 m front-crawl swimming maximum tests, the swimmers showed, on average, a catch-up coordination model; (2) during tethered swimming the subjects showed a superposition model of coordination, very close to the opposition one; (3) IdC and SR measured during front-crawl swimming were different from those measured during tethered swimming, indicating an alteration on the technique; (4) most of the swimmers tested showed an asymmetric coordination during both tests and (5) PFAS did not reveal as an acceptable parameter for determination of (as)symmetry and model of coordination during front-crawl swimming. Further investigations about this topic are required.

Key words: swimming, front-crawl stroke, arm coordination, free swimming, tethered swimming

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS 12
LISTA DE FIGURAS 14
LISTA DE ABREVIATURAS E UNIDADES 15
1 INTRODUÇÃO 16
2 OBJETIVOS 18
2.1 Objetivo geral 18
2.2 Objetivos específicos 18
3 REVISÃO DE LITERATURA 19
3.1 O nado *crawl* 19
3.1.1 Fases da braçada em estilo *crawl* 20
3.1.2 Rolamento do tronco durante o nado *crawl* 22
3.1.3 Movimento de pernas durante o nado *crawl* 24
3.2 Parâmetros biomecânicos do nado *crawl* 25
3.2.1 Parâmetros cinemáticos do nado *crawl* 25
3.2.1.1 Comprimento médio de braçadas (CB), Freqüência média de braçadas (FB) e Velocidade média de nado (VM) 26
3.2.1.2 Modelos de coordenação do nado *crawl* e técnica para mensurá-los 29
3.2.2 Parâmetros cinéticos do nado *crawl* 33
3.2.2.1 Resultante das forças aplicadas durante o nado *crawl* 33
3.2.2.2 Diferença de tempo entre os picos de força aplicada por braçada (DTFA) 36
3.3 Simetria do nado *crawl* 38
3.4 Nado amarrado x nado livre 40
4 MATERIAIS E MÉTODOS 42
4.1 Caracterização do estudo 42
4.2 População e amostra 42
4.2.1 População 42
4.2.2 Amostra 42
4.3 Variáveis do estudo 43
4.3.1 Variável independente 43
4.3.2 Variáveis dependentes 43
4.4 Procedimentos de aquisição 43
4.4.1 Medidas antropométricas 43

4.4.1.1 Materiais para aquisição das medidas antropométricas 43
4.4.1.2 Protocolo para aquisição das medidas antropométricas 44
4.4.2 Variáveis biomecânicas 44
4.4.2.1 Materiais para aquisição e análise das variáveis 45
4.4.2.2 Protocolo para aquisição das variáveis biomecânicas 48
4.5 Procedimentos de análise 50
4.5.1 Índice de coordenação (IdC) 50
4.5.2 Freqüência média de braçadas (FB) 53
4.5.3 Simetria de nado 54
4.5.4 Comparação entre nado livre e nado amarrado 54
4.5.5 Diferença de tempo entre os picos de força aplicada por braçada (DTFA) 55
4.5.6 Correlação entre IdC e DTFA 56
4.6 Procedimentos estatísticos 56
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 58
5.1 Características da amostra 58
5.1.1 Apresentação dos resultados 58
5.1.2 Discussão dos resultados 59
5.2 Variáveis Biomecânicas 62
5.2.1 Apresentação dos resultados 62
5.2.1.1 Índice de coordenação (IdC) 62
5.2.1.2 Freqüência média de braçadas (FB) 63
5.2.1.3 Simetria de nado 64
5.2.1.4 Nado livre x nado amarrado 66
5.2.1.5 Diferença de tempo entre os picos de força aplicada por braçada (DTFA) 68
5.2.1.6 Correlação entre IdC e DTFA 69
5.2.2 Discussão dos resultados 70
5.2.2.1 Índice de coordenação (IdC) 70
5.2.2.2 Freqüência média de braçadas (FB) 75
5.2.2.3 Simetria de nado 77
5.2.2.4 Nado livre x nado amarrado 80
5.2.2.5 Diferença de tempo entre os picos de força aplicada por braçada (DTFA) 81
5.2.2.6 Correlação entre IdC e DTFA 82
6 CONCLUSÕES 84
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 86

8 ANEXOS 92
Anexo 1 92
Anexo 2 95
Anexo 3 98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Idade, estatura, envergadura, massa, somatório das dobras cutâneas e desempenho dos sujeitos da amostra. Médias e desvios-padrão (DP) das variáveis. 58

Tabela 2 - Valores médios e desvios padrão dos índices de coordenação (IdC1 e IdC2) dos nadadores da amostra em nado livre e nado amarrado. Valores de IdC apresentados em percentual da duração total da braçada. Médias e desvios-padrão (DP) das variáveis. 62

Tabela 3 - Freqüência média de braçadas apresentadas pelos sujeitos da amostra na primeira metade dos testes de nado livre (FBiniL) e nado amarrado (FBiniA) e na segunda metade dos testes da nado livre (FBfinL) e nado amarrado (FBfinA), expressas em ciclos.s-1. Médias e desvios-padrão (DP) das variáveis. 64

Tabela 4 - Valores de comparação entre IdC1 e IdC2 durante nado livre e entre IdC1 e IdC2 durante nado amarrado. $p < 0,05$ indica diferença significativa entre os valores de IdC; n indica o número de pares de IdC avaliados. 65

Tabela 5 - Valores de comparação entre IdC1 em situação de nado livre e nado amarrado e entre IdC2 em situação de nado livre e nado amarrado; $p < 0,05$ indica diferença significativa entre os valores de IdC; n indica o número de pares de IdC avaliados em cada situação. 67

Tabela 6 - Valores médios e desvios padrão de DTFA1 e DTFA2 apresentados pelos sujeitos da amostra durante o teste de nado amarrado. Médias e desvios-padrão (DP) das variáveis. 69

Tabela 7 – Correlações entre as variáveis biomecânicas IdC1 e DTFA1 e entre IdC2 r DTFA2 apresentadas por cada sujeito da amostra. Geral representa a correlação ao analisarmos todas as variáveis em conjunto. 70

Tabela 8 - Resultados do teste de Shapiro-Wilk para as variáveis IdC1 e IdC2 apresentados durante nado livre. $p < 0,05$ indica distribuição não paramétrica. 95

Tabela 9 - Resultados do teste de Shapiro-Wilk para as variáveis IdC1 e IdC2 apresentados durante nado amarrado. p < 0,05 indica distribuição não paramétrica. 96

Tabela 10 - Resultados do teste de Levene para cada par de variáveis IdC, que apresentaram distribuição paramétrica, comparadas. p < 0,05 indica homogeneidade das variâncias não assumida. 96

Tabela 11 - Resultados do teste de Shapiro-Wilk para as variáveis DTFA1 e DTFA2 apresentados durante nado amarrado. p < 0,05 indica distribuição não paramétrica. 97

Tabela 12 - Resultados do teste de Levene para cada par de variáveis DTFA, que apresentaram distribuição paramétrica, comparadas. p < 0,05 indica homogeneidade das variâncias não assumida. 97

Tabela 13 - Resultados do teste de Shapiro-Wilk para as variáveis IdC1 e IdC2 apresentados durante nado livre. Dados igualados. p < 0,05 indica distribuição não paramétrica. 98

Tabela 14 - Resultados do teste de Shapiro-Wilk para as variáveis IdC1 e IdC2 apresentados durante nado amarrado. Dados igualados. p < 0,05 indica distribuição não paramétrica. 99

Tabela 15 - Resultados do teste de Shapiro-Wilk para as variáveis FBiniL, FBiniA, FBfinL, FBfinA. p < 0,05 indica distribuição não paramétrica. 99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Projeto dos equipamentos desenvolvidos para realização da filmagem subaquática durante o estudo: (a) carrinho; (b) guia para locomoção do carrinho pelo operador; (c) alça para fixação do suporte da caixa estanque; (d) suporte para caixa estanque; (e) modulo do trilho para deslocamento do carrinho; (f) caixa estanque; (g) suporte para fixação da câmera filmadora dentro da caixa estanque. 46

Figura 2 – Caixa estanque e suporte utilizado para submersão e fixação das filmadoras utilizadas no estudo. 47

Figura 3 – Carrinho e trilhos construidos para deslocamento das caixas estanque e filmadoras ao longo das bordas laterais da piscina, possibilitando a captura das imagens dos nadadores. 47

Figura 4 – Equipamentos utilizados para aquisição da resultante das forças aplicadas pelo nadador durante o nado amarrado: (a) célula de carga, (b) cabo de aço, (c) indicador de sinais e (d) adaptador para cabos multiplex. 48

Figura 5 – Teste de nado amarrado, as setas maiores indicam o caminho do sinal gerado pela célula de carga (adaptada de Taylor et al., 2003). 50

Figura 6 – Duas braçadas esquerdas e duas braçadas direitas executadas por um dos nadadores da amostra, o espaço indicado pelas setas mostram o tempo decorrido sem propulsão ou com propulsão simultânea de ambos os braços. 53

Figura 7 – Curva de tensão elétrica em função do tempo típica do teste de nado amarrado, braçadas direita e esquerda foram identificadas para determinação da DTFA1 e DTFA2. 56

LISTA DE ABREVIATURAS E UNIDADES

• CB	*Comprimento médio de braçadas*	*m.ciclos^{-1}*
• DTFA	*Diferença de tempo entre os picos de força aplicada por braçada*	*s*
• DTFA1	*Tempo decorrido entre o pico de força da braçada esquerda e o pico de força da braçada direita*	*s*
• DTFA2	*Tempo decorrido entre o pico de força da braçada direita e o pico de força da braçada esquerda*	*s*
• FB	*Freqüência média de braçadas*	*ciclos.s^{-1}*
• FBiniL	*Freqüência média de braçadas na primeira metade do teste de nado livre*	*ciclos.s^{-1}*
• FBiniA	*Freqüência média de braçadas na primeira metade do teste de nado amarrado*	*ciclos.s^{-1}*
• FBfinL	*Freqüência média de braçadas na segunda metade do teste de nado livre*	*ciclos.s^{-1}*
• FBfinA	*Freqüência média de braçadas na segunda metade do teste de nado amarrado*	*ciclos.s^{-1}*
• IdC	*Índice de coordenação*	*%*
• IdC1	*Intervalo de tempo entre o final da fase propulsiva da braçada esquerda e o inicio da fase propulsiva da braçada direita*	*%*
• IdC2	*Intervalo de tempo entre o final da fase propulsiva da braçada direita e o inicio da fase propulsiva da braçada esquerda*	*%*
• VM	*Velocidade média de nado*	*m.s^{-1}*

1 INTRODUÇÃO

As técnicas de natação sofreram profundas modificações ao longo dos anos. Dentre estas a substituição do nado peito como o estilo mais praticado, papel hoje atribuído ao nado *crawl* (HAY, 1981). O estilo *crawl*, por ser o que apresenta as maiores velocidades de deslocamento e os menores valores de custo energético (MAGLISCHO, 1999), é o mais utilizado nas provas de nado livre que, em piscina, variam entre as distâncias de 50 m a 1500 m.

A coordenação dos movimentos no nado *crawl* pode ser descrita basicamente a partir de três modelos (COSTILL, MAGLISCHO e RICHARDSON, 1992; MAGLISCHO, 2003): (1) modelo de oposição: aquele em que, durante uma série de movimentos, um braço inicia a fase de puxada quando o outro braço finaliza a fase de empurrada; (2) modelo de captura: caracteriza-se por apresentar um tempo sem propulsão entre o final da fase de empurrada de um braço e o início da fase de puxada do outro braço e (3) modelo de sobreposição: descrito como aquele no qual o início da fase de puxada de um braço ocorre antes do final da fase de empurrada do outro braço.

O tipo de coordenação adotado por um nadador pode ser identificado por meio de uma ferramenta descrita por Chollet, Chalies e Chatard (2000): o Índice de Coordenação (IdC), que utiliza a cinemetria como técnica de obtenção dos dados. O IdC é calculado utilizando dados de posição e tempo obtidos de imagens do nado no plano sagital dos atletas. Nesta técnica identifica-se, visualmente, o instante em que se inicia cada uma das três fases subaquáticas da braçada: (1) apoio, (2) puxada e (3) empurrada, em cada um dos braços. O tempo decorrido, expresso em percentual do tempo total da braçada, entre o final da fase de empurrada de um braço e o inicio da fase de puxada do outro braço é considerado como IdC. Autores que estudaram a simetria entre o modelo de coordenação adotado por um nadador em um ou outro lado do corpo costumam denominar como IdC1 o intervalo de tempo, expresso em percentual relativo a duração total da braçada, entre o final da fase propulsiva da braçada esquerda e o início da fase propulsiva da braçada direita, e IdC2 o intervalo de tempo decorrido entre o final da fase propulsiva da braçada direita e o início da fase propulsiva da braçada esquerda, também expresso em valor percentual relativo à duração total da braçada (SEIFERT, CHOLLET e ALLARD, 2005).

Dentre as metodologias utilizadas para avaliação cinemática e cinética do nado, além do IdC, há a possibilidade de utilização do método de nado amarrado. Neste método, à cintura do nadador é fixado um cinto que, preso a um cabo de aço conectado a borda da piscina por

meio de uma célula de carga, permite que as medidas sejam feitas. A célula de carga é conectada a um condicionador de sinais e a um computador permitindo a aquisição de dados de força e tempo. Assim o nadador é impedido de deslocar-se à frente e a força produzida pelos movimentos do nadador é medida pela célula de carga (KESKINEN e KOMI, 1993a; PAPOTI et al., 2003; TAYLOR et al. 2003).

A partir das deformações mensuradas, o sensor de carga gera um sinal elétrico que, após o ajuste da escala de calibração, é convertido em um sinal de força em função do tempo. Após esta conversão é possível identificar os picos de força aplicada em cada braçada e o instante em que eles aconteceram. A partir dos sinais de força é possível identificar também a diferença de tempo entre os picos de força aplicada por braçada (DTFA), subtraindo-se o valor médio do tempo decorrido entre o pico de força do braço esquerdo e o pico de força do braço direito e o valor médio do tempo decorrido entre o pico de força do braço direito e o pico de força do braço esquerdo (MORÉ, 2005).

A identificação do modelo de coordenação adotado pelo nadador e a quantificação da simetria no nado *crawl* por parte de treinadores e atletas é um aspecto importante para avaliar a evolução da qualidade técnica de um nadador. Entretanto a dificuldade de acesso aos equipamentos e o alto custo tornam o IdC uma ferramenta pouco acessível para a maioria dos atletas. A DTFA é uma variável de determinação rápida e de baixo custo, porém é preciso verificar se existe correlação entre a simetria do nado livre e do nado amarrado e se a DTFA é uma ferramenta capaz de determinar o modelo de coordenação adotado pelo nadador.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo do presente estudo é comparar os resultados da análise da simetria e da coordenação do nado *crawl* obtidos por meio dos métodos de cinemetria (IdC) e dinamometria (DTFA) durante testes de nado livre e nado amarrado.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar IdC durante nado livre e nado amarrado.
- Comparar valores de IdC apresentados durante nado livre e nado amarrado
- Comparar valores de IdC1 e IdC2 durante nado livre e IdC1 e IdC2 durante nado amarrado.
- Identificar DTFA.
- Relacionar os valores de IdC e DTFA.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O nado *crawl*

A natação competitiva é uma modalidade desportiva singular, à medida que se desenvolve em um meio que não é o usual para o ser humano deslocar-se. A água, ao mesmo tempo em que recebe as forças propulsivas produzidas pelo nadador, oferece grande resistência ao deslocamento do mesmo (MAGLISCHO, 1999). Essas condições conferem à natação uma característica de alta dependência da habilidade técnica do atleta (CAPUTO et al., 2000).

A performance, em nadadores experientes, depende de uma alta freqüência e de um grande comprimento de braçadas e, mais importante ainda, de uma excelente combinação entre estas variáveis (ARELLANO et al., 1994). O comprimento médio de braçadas (CB) é comumente considerado como o parâmetro mais importante para manutenção da velocidade em natação (PELAYO et al., 1996). Em provas caracterizadas por altas velocidades de nado é essencial que o nadador obtenha uma combinação de alta freqüência média de braçadas (FB) e elevado CB (CHOLLET et al., 1997).

Loetz, Reischle e Schmitt (1988) sugeriram que seria importante, para a melhora do desempenho no nado *crawl*, compreender as interações entre rolamento do corpo, coordenação dos movimentos de braços, movimento das pernas e movimento de respiração durante o nado. Autores demonstraram que o rolamento do corpo durante o nado *crawl* pode influenciar a velocidade e a trajetória da mão modificando, assim, a capacidade de produzir força propulsiva e, conseqüentemente, alterar o desempenho do nadador (LIU, HAY e ANDREWS, 1993; PAYTON, HAY e MULLINEAUX, 1997). Diversos estudos têm analisado, também, a velocidade da mão e a geração de forças propulsivas percebendo assimetrias nos padrões de braçada em determinados grupos de nadadores, especialmente aqueles menos habilidosos (KESKINEN, 1994). Assimetrias na cinética e na cinemática de nado têm sido freqüentemente observadas, embora as pesquisas não determinem com precisão se elas estão relacionadas a déficits no controle motor, estratégia de nado, dominância lateral ou influências externas como, por exemplo, os movimentos de respiração.

A presente revisão busca analisar variáveis biomecânicas selecionadas e suas interações para determinar o desempenho no nado *crawl*.

3.1.1 Fases da braçada em estilo *crawl*

Pesquisadores, em busca de uma melhor compreensão da propulsão gerada pelos braços no nado *crawl*, analisaram os movimentos dos braços utilizando-se de metodologias diversas. Para facilitar o entendimento e estabelecer padrões de movimento muitos pesquisadores dividiram a braçada em fases. Comumente autores propõem a divisão do movimento completo do braço em seis (MAGLISCHO, 2003) ou quatro fases (CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000).

Maglischo (2003) propõe que a braçada completa deve ser dividida em seis diferentes fases. Por meio de filmagem subaquática nos planos sagital, transverso e frontal, o autor determina momentos que servem de referência para identificação do início e final de cada uma das partes.

- (1) Entrada da mão e extensão do braço à frente: esta fase compreende todo o intervalo entre a entrada da mão na água até a máxima extensão do braço à frente. Durante esta fase ocorre a rotação do tronco do nadador proporcionando uma posição anatomicamente mais adequada para a aplicação das forças nas fases seguintes.
- (2) Varredura para baixo: fase correspondente ao movimento para baixo feito após a extensão do braço e antes da posição de apoio da mão à frente. Nesta fase o braço descreve uma trajetória curvilínea para frente e para baixo. O corpo do nadador permanece na posição de rotação adotada anteriormente.
- (3) Apoio da mão na água: após o movimento para baixo e imediatamente antes do movimento propulsivo de varredura para dentro a mão do nadador estará em uma posição razoavelmente profunda. Segundo Deschodt, Rouard e Monteil (1996) esta fase ocorre quando a mão encontra-se a aproximadamente 50 a 70 cm de profundidade.
- (4) Varredura para dentro: é a primeira das duas fases propulsivas da braçada. Nesta fase o braço e a mão descrevem uma trajetória para trás e em direção a linha média do corpo do nadador. A “puxada” para dentro pode ser executada de forma longa, com a mão ultrapassando a linha média do corpo do nadador, moderada, quando a execução do movimento para trás é realizada sob a linha média do corpo do nadador, e curta onde a mão passa lateralmente em relação a linha média do corpo durante o movimento para trás.

- (5) Varredura para cima: é a segunda e última fase propulsiva da braçada. O braço descreve, nesta fase, um movimento de empurrada para trás e para "fora", afastando-se da linha média do corpo do nadador. A varredura para cima termina com a retirada da mão da água.
- (6) Recuperação: a fase de recuperação da braçada inicia quando a mão deixa a água, ao longo do corpo do nadador, e termina quando a mesma mão torna a ter contato com a água, à frente do corpo do nadador. Segundo Maglischo (2003) por não se tratar de uma fase propulsiva da braçada o nadador deve buscar executá-la de maneira rápida e com o menor gasto energético possível.

Outros autores (CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000; SEIFERT, CHOLLET e ALLARD, 2005), também utilizando a técnica de cinemetria, propõem a divisão do movimento completo de cada um dos braços em quatro fases distintas sendo duas propulsivas e duas não propulsivas:

- (1) Entrada e apoio da mão na água: esta fase corresponde ao tempo da entrada da mão na água até o início do movimento para trás. Nesta fase não há a geração de propulsão.
- (2) Puxada: correspondente ao tempo entre o início do movimento da mão para trás até que esta esteja no plano vertical, em relação ao meio, e na mesma linha do ombro do nadador.
- (3) Empurrada: esta fase inicia quando a mão ultrapassa o plano transverso na mesma linha do ombro e termina quando a mão rompe a superfície da água.
- (4) Recuperação: esta fase compreende todos os movimentos da braçada realizados fora da água. Inicia com a saída da mão da água e termina com a entrada da mesma mão na água, à frente do corpo do nadador.

As fases de apoio, puxada e empurrada são chamadas de fase submersa, ou aquática, da braçada enquanto a fase de recuperação é comumente chamada de fase aérea. Das três fases submersas, apenas as fases de puxada e empurrada geram propulsão ao nadador e, por isso, são descritas, muitas vezes, como uma única fase "propulsiva".

Schnitzler et al. (2006) realizaram um estudo que apresentou como objetivo examinar de que maneira o sinal intracíclico de velocidade pode auxiliar na determinação da fase propulsiva da braçada em estilo *crawl*. Os autores avaliaram nove nadadores (20,3 ± 2,3 anos) de nível nacional e internacional que realizaram dois diferentes testes: (1) 25 m nadando apenas com um braço na máxima intensidade e (2) oito vezes a distância de 25 m, nado completo, em intensidades correspondentes a diferentes distâncias (25, 50, 100, 200, 400, 800,

1500 e 3000 m). A velocidade intracíclica de nado foi determinada por um velocímetro de nado e o início e final da fase propulsiva de cada braçada foi determinado através de cinemetria, conforme método proposto por Chollet, Chalies e Chatard (2000). Os resultados do estudo de Schnitzler et al. (2006) mostraram que existe uma lacuna temporal entre o início da fase de puxada (análise visual) e o início da aceleração positiva mensurada pelo velocímetro, assim como entre a saída da mão da água e o início da desaceleração. Os autores justificam esta diferença afirmando que o método proposto por Chollet, Chalies e Chatard (2000) superestima a fase propulsiva, pois Schleihauf (citado por Schnitzler et al., 2006) demonstrou, em estudos anteriores, que o final da fase propulsiva da braçada ocorre pouco antes da retirada da mão da água. Para explicar a diferença de tempo existente entre o início da fase propulsiva determinada visualmente e o início do sinal de aceleração os autores levantam duas hipóteses: (1) a fase de apoio da mão na água pode ter sido visualmente subestimada e (2) a força propulsiva gerada durante a fase de apoio foi inferior a força de arrasto sofrida pelo nadador, assim o inicio da fase de puxada corresponde ao inicio da aplicação de força propulsiva, porém a sua magnitude não foi suficiente para gerar uma aceleração positiva.

3.1.2 Rolamento do tronco durante o nado *crawl*

Ao nadar em estilo *crawl*, o corpo do nadador realiza um rolamento ao longo do seu eixo longitudinal (COSTILL, MAGLISCHO e RICHARDSON, 1992; HAY, LIU e ANDREWS, 1993). Esse rolamento ocorre de acordo com a alternância dos movimentos de braço, entre fases aquáticas e aéreas. Quando um braço está começando sua fase submersa, o ombro correspondente deve estar submerso, enquanto o outro braço estiver na sua fase aérea, o ombro correspondente deve estar emerso. À medida que a fase submersa da braçada evolui em direção à coxa do nadador, o ombro que estava submerso, passa a emerso. O rolamento seria necessário para a melhor manutenção da posição hidrodinâmica do corpo.

Maglischo (1999) indicou três motivos básicos para o nadador executar o rolamento do corpo:

1. Posicionar melhor os braços para a geração de força propulsiva;
2. Permitir pernadas diagonais, ajudando a estabilizar o tronco durante os movimentos dos braços;
3. Minimizar os movimentos laterais do tronco e os movimentos laterais excessivos das pernas.

Apesar de Counsilman e Colwin (citados por LIU, HAY e ANDREWS, 1993) recomendarem os ângulos de rolamento de corpo como parâmetros que influenciam a performance, seus estudos não oferecem dados quantitativos que apóiem tais recomendações. Neste sentido, análises cinemáticas bidimensionais (BEEKMAN e HAY, 1988; LIU, HAY e ANDREWS, 1993; PAYTON et al., 1999) e tridimensionais (CAPPAERT, PEASE E TROUP, 1995; YANAI, 2001), foram realizadas e, independente dos métodos utilizados na análise, os resultados desses estudos parecem concordar em relação às recomendações técnicas e implicações para o desempenho.

Beekman e Hay (1988) registraram valores de rolamento de corpo que variaram de 49,9º a 57,8º, a partir da posição neutra, para ambos os lados, respectivamente, para rolamento sem respiração e rolamento durante a respiração. Liu, Hay e Andrews (1993) encontraram valores angulares de rolamento do corpo entre 51,5º e 66º, com média de 60,8º durante a respiração. Payton et al. (1999) registraram valores de 57º e 66º, respectivamente, para rolamento sem respiração e rolamento durante a respiração. Diferenças entre os valores dos três estudos que podem ser explicadas, em parte, pelas características heterogêneas dos sujeitos avaliados.

Já em estudo realizado em 11 nadadores com cinemetria tridimensional, Yanai (2001) buscou, a partir do método da dinâmica inversa, relacionar as causas mecânicas do rolamento de corpo. Essas causas mecânicas são o torque sobre o corpo produzido pela forças da água e o efeito da freqüência de braçadas. O autor buscou a compreensão da mecânica do rolamento de corpo e sua ligação com a propulsão em natação. Yanai (2001) apresenta um modelo matemático, o qual explica que qualquer aumento no rolamento de corpo é acompanhado por um aumento proporcional no torque externo e se, com manutenção dos ângulos de rolamento, houver aumento na freqüência de braçadas, haverá aumento do torque externo a partir de forças geradas pelos segmentos em direções não propulsivas, o que poderia significar uma diminuição na capacidade de geração de propulsão pelo nadador. Seus resultados indicam que o rolamento de corpo consiste de um rolamento do tronco por inteiro na mesma freqüência de braçada executada pelo nadador e que, em relação à fonte mecânica primária do rolamento de corpo, parece haver uma dependência maior do rolamento com o torque externo (torque produzido pelas forças do fluído) do que com o torque interno (torque produzido pela aceleração de braços e pernas).

3.1.3 Movimento de pernas durante o nado *crawl*

O movimento de cada perna durante o nado *crawl* pode ser dividido em duas fases: (1) ascendente e (2) descendente. Cada fase pode ser identificada por pontos de mudança de direção do movimento do pé, um superior e um inferior em relação ao outro. Persyn et al. (1983) distinguiram, em seu estudo, padrões de dois, quatro ou seis movimentos (tempos) das pernas para cada movimento dos braços e sugeriram que os nadadores utilizem um padrão de seis movimentos para cada braçada durante as provas, principalmente as de velocidade.

Em relação ao padrão de seis movimentos, Maglischo (2003) percebeu que cada movimento descendente das pernas ocorre simultaneamente a uma das três fases submersas da braçada. O autor exemplifica: se analisada uma braçada direita pode-se perceber que a fase de apoio ocorre simultaneamente à fase descendente da pernada direita. A seguir, a fase de puxada do braço direito é acompanhada do movimento descendente da perna esquerda e, finalmente, o próximo movimento descendente da perna direita ocorre durante a fase de empurrada do braço direito. Esta coordenação entre movimentos de braços e pernas ocorre de maneira similar para os dois lados do corpo.

Seifert, Chollet e Allard (2005) verificaram, durante um teste de 100 m nadados em máxima intensidade, que todos os 28 nadadores avaliados adotaram o padrão de seis movimentos completos das pernas para cada ciclo de braçadas. A amostra do estudo de Seifert, Chollet e Allard (2005) foi composta por 10 nadadores de elite, 10 nadadores de nível intermediário e oito nadadores inexperientes. Esses dados corroboram a afirmação de Persyn et al. (1983) que sugere que, em provas de velocidade, deve-se adotar o padrão de pernadas de seis movimentos, independentemente do nível técnico do atleta.

Seifert, Chollet e Chatard (2007) avaliaram as alterações de variáveis cinemáticas selecionadas durante uma repetição máxima de 100 m estilo *crawl*. Os estudiosos analisaram 36 nadadores divididos em quatro grupos: 1) nadadores de elite nacional e internacional, 2) nadadores de nível nacional e regional, 3) nadadores de nível universitário e 4) nadadoras de elite. Entre outras variáveis, foi determinado o modelo de coordenação adotado pelos nadadores (mensurado pelo índice de coordenação – IdC). Apesar de percebidas significativas diferenças na coordenação de nado entre os grupos e, dentro de cada grupo, ao longo dos 100 m, um padrão constante de seis pernadas por ciclo de braçadas foi adotado por todos os nadadores avaliados. Seifert, Chollet e Chatard (2007) concluíram que as alterações na coordenação de nado não estão relacionadas à freqüência de pernadas adotada por cada nadador.

3.2 Parâmetros biomecânicos do nado *crawl*

A preocupação com a técnica desenvolvida por um nadador pode ser traduzida ao considerar-se os parâmetros biomecânicos que analisam a cinemática, que lida com a descrição dos movimentos (freqüência e comprimento de braçada, por exemplo) e a cinética, que lida com as forças que causam ou tendem a causar alterações no movimento (força por braçada, por exemplo) do nado (MCGINNIS, 2002), os quais podem indicar as adequações mecânicas às demandas energéticas impostas pelo evento competitivo. Além disso, de acordo com Craig et al. (1985), fatores biomecânicos, que interferem sobre o arrasto e/ou desenvolvimento de força propulsiva, influenciam mais no desempenho do que a própria capacidade de produção de energia. Zamparo et al. (2000) afirmam que a habilidade técnica de um nadador representa um dos fatores que podem incrementar ou reduzir o custo energético da natação (outros fatores seriam os estilos em que se nada, as características antropométricas, a capacidade de flutuação, as resistências passiva e ativa e a eficiência propulsiva). Para Vilas-Boas, Fernandes e Kolmogorov (2001) a capacidade propulsiva consiste em uma das principais competências de um nadador competitivo e nela se entrecruzam as capacidades técnicas e as qualidades físicas que sustentam a expressão mecânica da própria força propulsiva.

3.2.1 Parâmetros cinemáticos do nado *crawl*

Sendo a cinemática o ramo da biomecânica que se ocupa da descrição dos movimentos (McGINNIS, 2002), são encontrados na literatura diversos estudos que analisaram a cinemática do nado *crawl*. Parâmetros como o comprimento médio de braçadas (CB), a freqüência média de braçadas (FB), a velocidade média de nado (VM) e o modelo de coordenação adotado pelos nadadores foram investigados por diversos autores ao longo dos anos (PELAYO et al., 1996; CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000; CASTRO, MORÉ e KRUEL, 2003; SEIFERT, CHOLLET e ALLARD, 2005). Dentre as principais técnicas utilizadas pela biomecânica para medição destes parâmetros encontra-se a cinemetria que pode ser descrita como o conjunto de métodos que permitem a determinação da posição, orientação, velocidade e aceleração dos segmentos utilizando como instrumento básico para medições câmeras de vídeo que registram a imagem do movimento ou as coordenadas de pontos de interesse (AMADIO, 1996)

3.2.1.1 Comprimento médio de braçadas (CB), Freqüência média de braçadas (FB) e Velocidade média de nado (VM)

Segundo Craig e Pendergast (1979) o comprimento médio de braçadas (CB) é a distância horizontal média percorrida durante a execução de um ciclo completo dos braços do nadador. Calcula-se o CB pelo quociente entre a distância percorrida e o número de ciclos executados para percorrê-la (HAY, 1981). O CB é governado pelas forças aplicadas sobre o nadador cujas direções se opõem ao seu avanço (forças resistivas) e pelas forças aplicadas pelo nadador cujas direções são favoráveis ao seu deslocamento (forças propulsivas) na água. Quanto maiores às forças propulsivas e menores as resistivas, maior deverá ser o CB do nadador. Enquanto as forças aplicadas pelo nadador, em reação aos movimentos de seus braços, são geralmente consideradas como fonte primária de sua propulsão para frente, as opiniões se diferem no que se refere à magnitude exata da contribuição dos braços e pernas para propulsão final (HAY, 1981). Acredita-se que a contribuição dos braços seja de muito maior magnitude do que a contribuição das pernas (KARPOVICH citado por HAY, 1981).

Toussaint e Beek (1992), em um estudo de revisão sobre a biomecânica do nado *crawl* competitivo, ao se referirem à distância por braçada, tomando por pressuposto que a propulsão é obtida, primariamente, a partir da força de sustentação, concluíram que comprimento de braçada fornece uma boa indicação da eficiência propulsiva e pode ser utilizado para avaliar progressos individuais nas técnicas de nado. Embora, segundo os autores, a exata relação entre eficiência propulsiva, distância por braçada e força de sustentação, considerada como elemento fundamental da propulsão, permaneça indefinida.

Outros fatores que podem influenciar o CB de um nadador são as características antropométricas de cada indivíduo. Pelayo et al. (1996) em estudo realizado com 303 nadadores e 325 nadadoras, em diversos campeonatos realizados no continente europeu nos anos de 1990 a 1993, não encontraram relações estatisticamente significativas entre as características antropométricas de nadadores de *crawl* de diferentes especialidades, mas entre as nadadoras de 50 e 100 m, do estilo *crawl*, estatura e envergadura correlacionam-se positivamente com CB. Já Grimston e Hay (1986), em estudo realizado com 12 nadadores (homens) bem treinados da equipe da universidade de Iowa durante as eliminatórias e finais do campeonato norte-americano universitário (NCAA) encontraram relação entre comprimento de braço, de perna, de pé e de mão, variáveis que são determinadas geneticamente, com o CB e a freqüência média de braçadas (FB) em nadadores de *crawl* bem treinados. Castro (2002) em estudo onde foram analisados 10 nadadores de velocistas, seis

fundistas e oito triatletas, com idades médias de 23,1±4,8 anos não encontrou correlação significativa entre CB e envergadura em nenhum dos grupos de atletas e concluiu que as diferenças de CB entre os grupos se deveu mais ao aspecto técnico do que ao aspecto antropométrico.

Para Hay (1981) e Maglischo (1999) a FB é o número médio de movimentos completos dos braços executados em um dado intervalo de tempo, assim FB é o quociente do número de ciclos dos braços executados em uma determinada distância pelo tempo gasto no percurso. A FB pode ser expressa em ciclos por minuto (ciclos.min^{-1}) (CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000), ciclos por segundo (ciclos.s^{-1}) (TOUSSAINT, 1990) ou Hertz (Hz) (CAPPAERT, PEASE E TROUP, 1995).

A FB que um nadador atinge depende do tempo que ele gasta na execução de cada uma das fases da braçada. No nado *crawl* a fase de recuperação tende a ser consideravelmente mais curta do que a fase subaquática, presumivelmente pela menor resistência ao movimento oferecida pelo ar do que pela água (HAY, 1981). Ringer e Adrian (citados por HAY, 1981), verificaram que a fase propulsiva ocupa cerca de 65 – 66% do tempo total da braçada enquanto a fase de recuperação ocupava 34 – 35% do tempo total da braçada.

Considerando que o nadador competitivo tem como principal objetivo nadar a distância completa da prova, segundo o modo prescrito pelas regras, no menor tempo possível, levando em consideração tanto a distância do evento, quanto o tempo envolvido, seria interessante que ele pudesse obter e manter a maior velocidade média de nado (VM) da qual é capaz (HAY, 1981). Estudos propõem duas maneiras para calcular a VM: Wilkie e Madsen (1979) propõem que a VM pode e deve ser calculada pelo quociente entre distância percorrida e tempo gasto no percurso. Já Hay e Guimarães (1983) e Caputo (2000) propõem que se calcule a VM usando FB e CB, uma vez que VM é determinada pelo produto destes dois fatores (Equação 1).

Equação 1

$$\boldsymbol{VM = FB \times CB}$$

Estudo realizado por Craig et al. (1985) comparando características de braçada e VM entre as seletivas norte-americanas para as olimpíadas de 1976 e 1984, constatou que a VM aumentou em nove de 10 provas femininas e em três de 10 provas masculinas em 1984 em relação a 1976. Em nove das 12 provas o aumento de VM se deu pelo aumento do CB, em duas provas o aumento da FB foi responsável pelo aumento da VM e em apenas uma prova o aumento da VM se deu pelo aumento da FB e do CB. Neste estudo Craig et al. (1985)

concluíram, também, que as mulheres são mais dependentes da FB para aumentar a VM do que os homens.

Keskinen e Komi (1993b), em um estudo cujo objetivo era verificar se as características de braçada sofriam alterações com o aumento do nível de fadiga, mensuraram CB, FB e VM de 10 nadadores voluntários durante uma série de cinco a seis tiros de 400 m no estilo *crawl*. Os resultados apontaram que, conforme a intensidade aumentava de um nível aeróbio para um nível predominantemente anaeróbio, a FB aumentava enquanto o CB diminuía. Esta diminuição do CB pode ser explicada, segundo os autores, pelo desenvolvimento da fadiga muscular localizada, enquanto o aumento da FB pode ser explicado por uma adequação motora buscando o aumento da VM.

Wakayoshi et al. (1993) realizaram um estudo em que oito nadadores competitivos com idade média de 19,7 ± 0,3 anos foram submetidos a seis meses de treinamento predominantemente aeróbio a fim de determinar as alterações que iriam ocorrer em relação à VM, FB, CB e acúmulo de lactato. Foram realizados testes pré e pós-treinamento, adotando-se a seguinte metodologia: três tiros de 400 m com intensidades progressivas (85, 90 e 95%) com 60 min de intervalo passivo entre eles. Os resultados apontam um aumento de VM pelo aumento do CB enquanto não detectaram alteração na FB.

O ideal seria que o nadador conseguisse um longo CB simultaneamente a uma alta FB, a fim de atingir uma grande VM, porém, segundo Hay (1981), "quando o CB aumenta, a FB tende a cair. Similarmente para aumentar a FB o nadador tende a diminuir o tempo da fase propulsiva da braçada o que leva a uma redução no CB". Craig e Pendergast (1979), Hay e Guimarães (1983), Chatard et al. (1990), Maglischo (1999), Caputo et al. (2000) e Perez (2001) concordam com a afirmação de que existe uma relação negativa entre CB e FB.

De acordo com Craig e Pendergast (1979) a habilidade de se conseguir uma alta VM em natação está diretamente relacionada à máxima distância por braçada. Os indivíduos que percorrem maior distância por braçada em baixas FB obtêm as maiores velocidades máximas em natação. Os mesmos autores sugerem que o desempenho em natação pode ser melhorado pela prática com lentas FB a fim de obter um maior CB.

Castro (2002), em estudo onde foram verificados os parâmetros cinemáticos de braçadas de nadadores velocistas, fundistas e triatletas, encontrou resultados que indicaram que a maior VM atingida pelos velocistas, em relação aos fundistas e triatletas, se deve principalmente ao maior CB alcançado por este grupo de atletas, uma vez que a FB foi semelhante em todos os grupos. Castro (2002) declarou, em seu estudo, que, independente das características de um nadador, se velocista, fundista ou triatleta, as relações entre FB e CB são

fundamentais não apenas para definição da VM, mas também para a manutenção desta VM do ponto de vista de eficiência propulsiva. Segundo Chatard et al. (1990), maiores VM atingidas com maiores FB e menores CB proporcionam um maior gasto energético do que se atingidas com maiores CB.

Castro, Moré e Kruel (2003) avaliaram o desempenho, o CB, a FB, a VM e o índice de braçadas em 89 nadadores, do sexo masculino, com idades entre 12 e 28 anos, durante uma prova de 50 m nado livre em campeonato estadual. Os pesquisadores concluíram que a melhora no desempenho dos nadadores com o avanço da idade se deveu, principalmente, ao significativo aumento no CB uma vez que não foi verificada diferença estatisticamente significativa entre as FB apresentadas pelos nadadores de diferentes faixas etárias.

Realizando seus próprios estudos e analisando as obras de diversos autores, Schleihauf (1974) foi incapaz de identificar uma braçada e uma relação entre CB e FB ideal e concluiu que a avaliação de uma técnica não é uma avaliação objetiva que possa seguir um modelo, mas sim uma característica totalmente individual. Parece, então, que esta relação apresenta por base a condição fisiológica, a característica antropométrica e a habilidade técnica de um nadador.

Para fins de ordenamento e classificação, vários autores utilizam o termo habilidades técnicas. O conceito de habilidades técnicas varia de pesquisa para pesquisa: para Toussaint e Beek (1992) a habilidade técnica é a capacidade de gerar força propulsiva ao mesmo tempo em que reduz a resistência do movimento para frente. Chatard, Lavoie e Lacour (1991) consideram que a habilidade técnica é a capacidade de se nadar uma determinada distância com o menor gasto energético possível. Apesar das opiniões sobre habilidade técnica serem bastante diferenciadas, Chatard, Lavoie e Lacour (1990) acreditam que nadadores habilidosos são aqueles que conseguem a melhor relação entre CB, FB, gasto energético e aproveitamento técnico a fim de atingir uma velocidade maior. A eficiência de nado é a melhor relação possível, em termos de rendimento e desempenho, entre o gasto energético e o desempenho. Fica evidente, então, que estes fatores estão intimamente ligados ao CB e FB, VM e a habilidade do nadador.

3.2.1.2 Modelos de coordenação do nado *crawl* e técnica para mensurá-los

Vaday e Nemessuri (1971) demonstraram que a organização das fases da braçada é determinante da performance técnica do nadador. Diversos estudos têm enfatizado a estreita relação entre coordenação dos braços, velocidade de nado e nível de experiência do nadador

(CHATARD et al., 1990; SEIFERT et al., 2005). Maglischo (1999) afirma que os braços devem manter uma precisa relação entre si, o que é muito importante para natação rápida no estilo *crawl*, porque os movimentos alternados dos braços devem ser coordenados com o rolamento do corpo e o movimento das pernas para facilitar a aplicação da força propulsiva e manter o corpo numa posição hidrodinâmica ótima durante cada ciclo de braçadas.

Costill, Maglischo e Richardson (1992) afirmam que a coordenação dos movimentos dos braços, no estilo *crawl*, acontece conforme três principais modelos: (1) oposição, (2) captura e (3) sobreposição.

O modelo de oposição pode ser descrito como aquele em que um braço inicia a fase de propulsão no mesmo instante em que o braço oposto finaliza a fase propulsiva (CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000). Segundo Costill, Maglischo e Richardson.(1992) este seria o tipo de coordenação ideal para nadadores de alto nível. Teoricamente este modelo proporcionaria uma ação muscular contínua e resultaria em uma série de fases propulsivas suaves, sem tempo decorrido entre a propulsão gerada pelos dois braços.

Segundo Chollet, Chalies e Chatard (2000) o modelo de coordenação denominado captura caracteriza-se por apresentar um tempo sem movimentos propulsivos entre o final da fase propulsiva de um braço e o início da fase propulsiva do outro braço. Segundo os mesmos autores este período sem movimentos de propulsão geralmente ocorre quando um dos braços realiza a fase de apoio e o outro já iniciou a fase de recuperação.

Chatard et al. (1990) sugerem que o modelo de sobreposição é o mais econômico. Este modelo pode ser definido como aquele em que há uma ação propulsiva simultânea dos dois braços, ou seja, um braço inicia a fase de puxada antes de o outro braço terminar a fase de empurrada. Os mesmos autores afirmam, ainda, que esta sobreposição pode ocorrer em maior ou menor grau. Chatard et al. (1990) demonstraram que os períodos em que a propulsão é gerada simultaneamente pelos dois braços compensam os períodos sem propulsão característicos deste tipo de coordenação.

Seifert et al. (2005) analisaram as estruturas espaço-temporais e coordenativas nos 100 m livres de 12 nadadores da elite francesa (idade média: 20,1 ± 3,1 anos; estatura média: 184,2 ± 5,4 cm; massa média: 77,3 ± 5,6 kg; envergadura média: 190,4 ± 9,4 cm; tempo médio nos 100 m livres: 53,3 ± 3,2 s). Os autores utilizaram o índice de coordenação (IdC) – ferramenta para mensuração da coordenação de nado descrita na seqüência deste texto – e verificaram que os nadadores apresentaram, em média, uma técnica correspondente ao tipo de coordenação denominado sobreposição. Contudo, a análise da coordenação apresentada pelos nadadores a cada parcial de 25 m demonstra a adoção de um modelo mais próximo da

oposição na segunda, terceira e quarta parciais em relação à primeira (5,2%, 2,7%, 3,8% e 3,8% para cada uma das quatro parciais dos 100 m, respectivamente). Os autores concluíram que, sob efeito da fadiga, os nadadores adaptaram as fases de suas braçadas buscando a manutenção de uma coordenação no modelo de sobreposição. A manutenção do movimento das pernas em seis tempos também auxiliou na manutenção da coordenação de nado.

Mesmo após as análises sobre a importância dos padrões motores de braçadas demonstrada em 1971 por Vaday e Nemessuri ainda não existia uma metodologia definida para identificar com acurácia os diferentes tipos de coordenação dos braços durante o nado *crawl*, com exceção do método descrito por Chatard et al. (1990).

Buscando mensurar o tipo de coordenação adotada por cada nadador por meio da quantificação precisa do tempo decorrido entre ações propulsivas de ambos os braços, Chollet, Chalies e Chatard (2000) desenvolveram o IdC.

Os autores analisaram, por meio de cinemetria, 43 nadadores (29 homens e 14 mulheres) franceses de três diferentes níveis técnicos. Foi solicitado, a cada um deles, que realizassem três repetições de 50 m nas velocidades correspondentes a uma prova de 50, 100 e 800 metros. As imagens foram gravadas por uma câmera subaquática, que deslocava-se na lateral da piscina, ao longo dos 12,5 m compreendidos entre os 10 m e os 22,5 m da piscina de 50 m onde foram realizados os testes. Durante os 12,5 m em que foram obtidas as imagens foi solicitado que os nadadores não realizassem movimentos de respiração lateral a fim de evitar possíveis alterações na técnica em virtude do movimento de rotação lateral da cabeça. As imagens obtidas pelas câmeras de vídeo foram analisadas por observadores treinados que identificaram o instante que se iniciava cada uma das três fases subaquáticas da braçada do nadador. Os tempos de cada fase forma expressos em percentual do tempo total médio utilizado para realização de um movimento completo (soma dos tempos das quatro fases) do braço esquerdo. O IdC de cada ciclo de braçadas foi obtido calculando-se a média dos tempos decorridos entre as fases propulsivas do braço esquerdo e direito e do braço direito e esquerdo. A partir daí a coordenação do nadador foi classificada como sendo do tipo de oposição, captura ou sobreposição. Após a análise dos dados Chollet, Chalies e Chatard (2000) concluíram que nadadores com nível técnico mais elevado tendem a adaptar mais facilmente a sua técnica de nado às altas velocidades, passando de um modelo de captura a um modelo de oposição ou sobreposição, diminuindo a duração relativa das fases não propulsivas e aumentando a das fases propulsivas da braçada. Observações semelhantes foram feitas por Kolmogorov et al. (1997).

Seifert, Chollet e Allard (2005) realizaram um estudo com o objetivo de analisar a relação entre a simetria da coordenação das braçadas, dominância lateral e lado de preferência para respiração lateral durante os 100 m nado *crawl*. Foram analisados dez nadadores de elite (grupo 1), 10 nadadores de nível intermediário (grupo 2) e oito nadadores pouco experientes (grupo 3). Para determinação do tipo de coordenação adotado por cada nadador foi utilizado o IdC proposto por Chollet, Chalies e Chatard (2000). Diferentemente da metodologia proposta originalmente, Seifert, Chollet e Allard (2005) utilizaram duas câmeras subaquáticas, uma em cada lateral da piscina, que se deslocavam presas a carros empurrados por operadores treinados, em velocidade semelhante a do nadador. O lado de respiração foi definido por um questionário e observado nas filmagens e o braço dominante foi definido através de um questionário validado. Após a análise dos dados os autores verificaram que nadadores com maior nível técnico sofrem menor desequilíbrio no tipo de coordenação adotado ao realizarem movimentos de respiração lateral, entretanto, em todos os grupos, houve diferença no IdC quando comparadas as braçadas com e sem respiração lateral.

Seifert, Chollet e Allard (2005) perceberam que 17 dos 28 nadadores analisados realizavam os movimentos de respiração para o lado dominante e apresentavam, também, um maior desequilíbrio para este lado. Com isso concluíram que a maioria dos nadadores apresentou braçadas assimétricas, com descontinuidade na propulsão de um lado e sobreposição das fases propulsivas do outro lado e que esta coordenação assimétrica está ligada tanto a dominância lateral quanto ao lado adotado para respiração. Seifert, Chollet e Allard (2005) ainda afirmam que a detecção do braço dominante e do lado adotado para respiração podem ajudar treinadores a corrigir assimetrias excessivas e / ou coordenações de braçada inadequadas para um ou outro braço.

Seifert et al. (2006) realizaram um estudo que objetivou avaliar a reprodutibilidade de um método subjetivo para determinação das fases da braçada em nado *crawl*. Pra tanto os autores verificaram a influência do nível de experiência dos operadores que analisam as imagens e compararam o IdC determinado pelo método subjetivo de identificação das fases da braçada e pela digitalização das imagens com o auxílio de um *software*.

Para verificar a influência do nível de experiência dos operadores na determinação das fases da braçada Seifert et al. (2006) solicitaram à seis operadores experientes (mais de 30 horas de análise das imagens sub-aquáticas) e nove operadores inexperientes que analisassem as imagens de dois nadadores seguindo a metodologia proposta por Chollet, Chalies e Chatard (2000). Os valores de IdC determinados pelos operadores inexperientes foi significativamente maior do que os valores de IdC determinados pelos operadores treinados. Esse fato deveu-se,

principalmente, ao maior tempo atribuído a fase de puxada e ao menor tempo atribuído a fase de apoio pelo grupo de operadores inexperientes. Também foi detectado um menor desvio-padrão no IdC determinado pelos operadores experientes em relação aos valores determinados pelos operadores inexperientes. Para comparação entre o método subjetivo e o método objetivo na determinação das fases da braçada foram capturadas, a uma freqüência de amostragem de 25 Hz, as imagens de nove nadadores de elite (tempo médio nos 100 m *crawl* de 50,63 ± 2,12 s) durante uma repetição máxima de 50 m em estilo *crawl*. A análise subjetiva foi realizada por um único operador treinado segundo o método proposto por Chollet, Chalies e Chatard (2000). A análise objetiva das imagens foi realizada digitalizando-se quadro a quadro, como auxílio de um *software* (Kinematic Analysis, 2004), as imagens obtidas. As coordenadas correspondentes a posição da mão foram extraídas, pelo *software*, da reconstrução em 3D dos movimentos realizados pelo nadador. Uma análise de variância comparou a duração das fases e o IdC determinados pelo experiente operador e pelo método de digitalização. Os resultados não demonstraram diferenças significativas em IdC ou duração das fases da braçada determinadas pelo método subjetivo e pelo método objetivo de avaliação. Com isso, Seifert et al. (2006) concluíram que o método subjetivo pode ser usado para determinação das fases da braçada e do IdC contanto que seja conduzido por um avaliador previamente treinado.

3.2.2 Parâmetros cinéticos do nado *crawl*

A cinética é o ramo da biomecânica que estuda as forças que causam os movimentos (McGINNIS, 2002). Em natação, os principais parâmetros cinéticos mensurados são a força e o impulso. Dentre as principais técnicas utilizadas para obtenção destas medidas está a dinamometria. A dinamometria refere-se a todo o tipo de processos que tenham em vista a medição de forças, bem como, a medição da distribuição de pressões (AMADIO, 1996).

3.2.2.1 Resultante das forças aplicadas durante o nado *crawl*

A literatura propõe, basicamente dois métodos de verificação da resultante das forças aplicadas pelo nadador durante o nado: o método de *tethered swimming* (KESKINEN e KOMI 1993a; FOMITCHENKO, 1999) chamado, em português, de nado "atado" ou "amarrado" e o método de *semi tethered* (SWAINE e DOYLE, 1999) ou *partially tethered* (ADAMS II, 1983), chamado em português de nado semi-atado.

O método de nado amarrado consiste, basicamente, em natação estacionária no qual o nadador permanece preso a um cabo que é ligado em uma das extremidades a sua cintura, por meio de um cinto, e em outra a um local fixo, de forma a impedir que o nadador desloque-se para frente. Nesta metodologia a força deve ser medida por um sensor de carga, podendo este ser uma célula de carga (KESKINEN e KOMI, 1993a; PAPOTI et al., 2003; TAYLOR et al. 2003).

Já no método de nado semi-atado o nadador, apesar de também estar preso a um cabo fixado a sua cintura, consegue deslocar-se. Neste método a ponta do cabo oposta ao nadador permanece presa a um local móvel, podendo este ser uma coluna de pesos ligada ao cabo por um sistema de roldanas, que serve também para mensurar a força do nadador na água (SWAINE e DOYLE, 1999; JOHNSON, SHARP e HEDRICK, 1993), ou medidores de força adaptados, como o aparelho biocinético, semelhante a um "*Biokinetic Swim Bench*" (aparato utilizado para medir força durante nado simulado em terra), utilizado por Costill (1985) em suas investigações.

Keskinen (1994) acredita que os valores de força resultante, coletados com o método de nado amarrado, e os tempos de saída, virada e nado do atleta podem ser utilizados para estimar a interação entre técnica e força necessária para gerar propulsão. Afirma também que os melhores nadadores não produzem, necessariamente, os maiores picos individuais de força, mas sugere que a velocidade máxima em natação e o método de nado amarrado podem ser utilizados, em conjunto, para avaliar o balanço entre performance técnica e a capacidade muscular do atleta de gerar força na água.

Papoti et al. (2003) em um estudo que objetivou padronizar um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbia de nadadores e suas correlações com as performances de 200 e 400 metros no estilo *crawl*, construíram um suporte equipado com um sistema de roldanas que, fixado no lado externo da cabeceira da piscina, levava presa uma célula de carga que era utilizada para mensurar a força dos nadadores por meio do método de nado amarrado. Para avaliar a força de 12 nadadores com idades entre 15 e 18 anos, Papoti et al. (2003) desenvolveram um protocolo de testes que consistiu da aplicação de dois esforços máximos em estilo *crawl* com duração de 30 s e intervalo passivo de, aproximadamente, 20 minutos. O inicio e o término dos testes foi determinado por um sinal sonoro após, aproximadamente, 10 s de nado moderado (ao início). A deformação detectada pela célula de carga, devido à tensão gerada pelos esforços do nadador, foi amplificada por uma fonte de extensiometria portátil. Os valores obtidos durante os testes foram enviados armazenados a uma freqüência de 400 Hz. Estes valores foram depois submetidos ao processo de análise residual e suavizados

utilizando um filtro com freqüência de corte de 3 Hz. Com a utilização de uma equação de calibração, os valores foram convertidos em unidades de força (N), possibilitando a determinação da força média e impulso, obtido pela integral da força e o tempo de esforço que, neste estudo, foi assumido como índice de aptidão anaeróbia. Os valores de força e impulso obtidos após os dois esforços máximos foram, respectivamente, 86,6 ± 3,6 e 87,6 ± 4,0 N e 2510,2 ± 105,0 e 2541,9 ± 115,2 N.s e não houve diferença significativa entre os valores obtidos nos dois testes. Após a análise dos dados obtidos durante o estudo, os autores concluíram que o impulso determinado após 30 s de esforço máximo em nado amarrado é uma ferramenta eficaz para predição do desempenho em provas de 200 e 400 m no estilo *crawl*.

Taylor et al. (2003) utilizaram uma célula de carga presa ao bloco de partida da piscina e uma metodologia semelhante à utilizada por Papoti et al. (2003) para avaliar os efeitos da idade, maturação e crescimento na força média produzida durante o nado amarrado em 88 nadadores (48 meninas e 40 rapazes) treinados. Foi realizado um teste de 30 s nadando em máxima intensidade. Pra aquisição e análise dos dados foram utilizados: um computador portátil, um amplificador de sinais, uma célula de carga, um cabo com um cinto em sua extremidade e um *software* específico para aquisição dos sinais da célula de carga. Os autores verificaram um aumento significativo na força média produzida entre as idades 12 e 13 anos e 13 e 14 anos. Os autores concluíram que as variações nos níveis de força com o avanço da idade podem ser explicadas pela maturação biológica dos sujeitos e, por isso, a idade deve ser considerada durante a prescrição do treinamento. Os autores também recomendam que um aumento na intensidade de treinamento anaeróbico seja feito por volta dos 13 anos em nadadores de ambos os sexos. Entretanto eles lembram que a influência da habilidade técnica e o desenvolvimento das habilidades motoras de jovens nadadores não podem ser ignorados.

Swaine e Doyle (1999) utilizaram o método de nado semi-atado para explorar a correlação existente entre potência média produzida durante apenas os movimentos de pernas, apenas os movimentos de braços e durante simulação de nado fora da água. Para tanto utilizaram um aparato composto por uma espécie de trilho vertical pelo qual corriam os pesos puxados pelo nadador durante o teste de nado semi-atado. Um cronômetro era acionado automaticamente quando os pesos moviam-se pelo trilho e parado, também automaticamente, quando os pesos atingiam o topo do trilho. Deste estudo participaram nove nadadores (idade média de 23,9 ± 4,6 anos), integrantes de uma equipe universitária que treinava, pelo menos, 60 min, cinco vezes por semana. Os valores de potência foram obtidos a partir dos dados de carga, distância e tempo necessário para elevar as cargas (o cabo preso à cintura do nadador

passava por uma roldana e elevava cargas conhecidas na borda da piscina). Os resultados do estudo de Swaine e Doyle (1999) apontaram para uma menor, de maneira significativa, potência medida pelo método dentro da água em comparação ao método de natação simulada fora da água, entretanto existiu uma forte correlação entre elas. Por outro lado foram encontradas significativas correlações entre as potências para braços mensuradas na água e fora da água (r = 0,88) e para pernas mensuradas na água e fora da água (r = 0,91).

Keskinen e Komi (1993a) realizaram um estudo que teve como objetivos mensurar e comparar a performance técnica, as variações intracíclicas de força, a velocidade e a potência de 12 nadadores competitivos (idade média de 19,4 ± 3,4 anos). Para tanto utilizaram dois testes: 1) 10 m nadando livre em intensidade máxima, precedidos de 10 m em aceleração até o máximo, no qual foi mensurada a velocidade ($m.s^{-1}$) máxima de cada nadador, e 2) 10 s de natação máxima em nado amarrado, utilizando uma célula de carga presa à borda da piscina (freqüência de amostragem de 50 Hz) no qual foi mensurada a força dos atletas. As imagens de ambos os testes foram registradas a uma freqüência de 50 Hz por um equipamento desenvolvido para análises técnicas no qual a câmera permanecia dentro da água na lateral da piscina e, durante o teste de nado livre, deslocava-se na mesma velocidade do nadador. Após a análise dos dados verificou-se que os maiores picos de velocidade e potência (2,37 $m.s^{-1}$ e 400 W) foram atingidos pelo nadador que apresentou a maior velocidade média (2,03 $m.s^{-1}$). Entretanto, esse nadador não apresentou os maiores valores médios de força (161 N) e potência (294,7 W). O maior pico de força (205 N) foi atingido, neste estudo, por um nadador com pouca habilidade de nadar rápido. Nados mais "equilibrados" caracterizaram-se por baixas velocidades de braçada na fase de puxada e altas velocidades de braçada na fase de empurrada em ambos os braços. Os melhores nadadores caracterizaram-se por relativas altas forças, velocidades e potência. Existiu, também, uma diminuição nos valores de força e velocidade quando os nadadores executaram a respiração. Com isso os autores concluíram que a potência (produto da velocidade pela força) pode ser utilizada para mensurar performance técnica dos atletas.

3.2.2.2 Diferença de tempo entre os picos de força aplicada por braçada (DTFA)

A diferença de tempo entre o pico de força aplicada por braçada (DTFA) é o valor médio de tempo decorrido entre o pico de força de uma braçada e o pico de força da braçada contra-lateral subseqüente (MORÉ, 2005). A DTFA1 é obtida mensurando-se o tempo decorrido entre o pico de força de uma braçada direita e o pico de força da braçada esquerda

subseqüente enquanto a DTFA2 é obtida mensurando-se o tempo decorrido entre o pico de força da braçada direita e o pico de força da braçada esquerda subseqüente (MORÉ, CASTRO e KRUEL, 2007).

Moré (2005) verificou, em um grupo de sete nadadores e cinco triatletas (idade média de 22,5 ± 5,0 anos), as relações entre variáveis cinéticas, cinemáticas e desempenho durante o nado *crawl*. Dentre outros objetivos o autor esperava verificar a DTFA nos dois grupos do estudo, compará-las e correlacioná-las com o desempenho. Para tanto, foi realizado um teste de 30 s nadados em máxima intensidade, durante o qual os nadadores permaneciam presos, por meio de um cinto, a um cabo ligado a uma célula de carga que era fixada a borda da piscina e impedia seu deslocamento para frente (nado amarrado). A deformação detectada pela célula de carga, devido à tensão gerada pelos esforços do nadador, foi captada. Um pulso elétrico emitido por um módulo eletrônico foi utilizado para identificação dos sinais de força provenientes das braçadas esquerda e direita. Os sinais captados durante o teste foram tratados e analisados com a ajuda de um *software*. Após foram identificadas visualmente as curvas correspondentes a cada braçada a partir do pulso de sincronismo. Em seguida foi identificado o pico de força em cada curva. Neste estudo de Moré (2005) a DTFA foi identificada subtraindo-se o valor médio do tempo decorrido entre o pico de força do braço esquerdo e o pico de força do braço direito e o valor médio do tempo decorrido entre o pico de força do braço direito e o pico de força do braço esquerdo. Os valores de tempo entre os picos foram identificados no eixo horizontal do gráfico gerado pelo teste de nado amarrado. O autor verificou que a DTFA apresentada por nadadores e triatletas não mostrou diferença estatisticamente significativa, entretanto ressalta que os nadadores apresentaram uma DTFA menor que os triatletas. Segundo o autor, considerando que nadadores tem melhor técnica de nado do que triatletas, seria esperado que apresentem uma menor diferença em DTFA, o que indica que esta poderia ser usada como parâmetro para avaliação da técnica. Contudo, ele afirma que maiores e mais aprofundadas investigações devem ser feitas, a fim de identificar a verdadeira contribuição da DTFA para composição da performance.

Moré, Castro e Kruel (2007) avaliaram 14 nadadores (idade média de 14,07 ± 2,27 anos) em um teste máximo de 30 s em nado amarrado com dois principais objetivos: (1) verificar se existiu alteração na DTFA dos nadadores ao longo do teste de 30 s e (2) verificar se a análise do equilíbrio de nado obtida por meio da metodologia de DTFA correspondeu a classificação de equilíbrio de nado atribuida aos atletas, subjetivamente, por seus treinadores. Os autores calcularam a DTFA nos instantes 7 s, 15 s e 23 s do teste de nado amarrado e encontraram, respectivamente, valores médios (± DP) de 0,201 ± 0,161 s, 0,128 ± 0,108 s e

0,235 ± 0,148 s que não apresentaram diferenças significativas entre sí e concluiram que a fadiga durante o teste de 30 s em nado amarrado não afetou o equilíbrio de nado medido pela metodologia de DTFA. Para classificar os nadadores como equilibrados ou desequilibrados e efetuar as comparaçãoes com as opiniões dos treinadores foram comparadas as DTFA1 e DTFA2. Os pesquisadores não verificaram correlação entre o equilíbrio de nado determinado pelo método de DTFA e pela opinião dos treinadores e concluiram que, assumindo a opinião dos treinadores como a melhor forma para classificar o equilíbrio de nado, a DTFA não é uma medida eficaz para quantificar o equilíbrio de nado dos atletas.

3.3 Simetria do nado *crawl*

O termo simetria origina-se da palavra *symmetria*, que, em grego, significa "a mesma medida". Simetria bilateral, por conseguinte, significa que ambos os lados do corpo servem como espelho um do outro (PEETERS e DEVRIENDT, 2006). A concepção de simetria entre segmentos corporais homólogos, em termos de força e movimentos, pode simplificar os procedimentos em uma avaliação (WILLIAMS, 1985).

Considerando que, fisicamente, a quebra da inércia requer uma demanda energética maior (McGINNIS, 2002), seria adequado que o nadador mantivesse uma velocidade constante durante todo o percurso determinado para sua prova. Para tanto seria necessário que a aplicação das forças e o tempo utilizado para o movimento completo da braçada, por ambos os braços, acontecessem em um intervalo de tempo constante e igual para os dois braços durante todo o tempo de prova.

Aujouannet, Rouard e Bonifazi (2006) realizaram um estudo com o objetivo de investigar os efeitos de um teste exaustivo na simetria temporal e espacial de nadadores de nível internacional. Oito voluntários (22,5 ± 2,3 anos) realizaram um teste máximo de 25 m em nado semi-atado antes e após uma série exaustiva de quatro repetições de 50 m em máxima intesidade no estilo *crawl*. Aos nadadores estava fixado um cabo que os fixava a um ergômetro específico para natação. Todos os atletas tinham cinco segundos de seus nados filmados (50 Hz), durante o teste de nado semi-atado, nos planos frontal e sagital por câmeras fixadas aos 12 m da piscina de 25 m onde os testes foram realizados. Os dados obtidos pela cinemetria foram digitalizados quadro a quadro por um *software* específico. Os resultados verificados pelos autores indicaram uma simetria nos parâmetros espaciais e uma assimetria nos parâmetros temporais, que se manteve memo após a realização do protocolo para indução da fadiga. A assimetria temporal poderia, segundo os autores, refletir o padrão de força-tempo

intra-cíclico em relação a resultados prévios indicando diferenças entre sujeitos no padrão força-tempo durante a braçada. Os autores concluem afirmando que as variações temporais intra-cíclicas sugerem que um novo estudo seja realizado verificando o padrão força-tempo da braçada e os possíveis efeitos da fadiga na produção de impulso em cada braçada.

Em um estudo que, entre outros objetivos, buscou mensurar a simetria da coordenção dos braços e o efeito da respiração em nadadores de diferentes níveis técnicos, Seifert, Chollet e Allard (2005) avaliaram 28 nadadores classificados, de acordo com seu tempo em um teste de 100 m nado livre, em três grupos: G1 - elite (tempo médio nos 100 m livres: 52,34 ± 2,52 s), G2 - nível médio (tempo médio nos 100 m livres: 58,76 ± 1,18 s) ou G3 - inexperientes (tempo médio nos 100 m livres: 67,25 ± 3,07 s). Os pesquisadores utilizaram a cinemetria sub-aquática bilateral para determinar a coordenação dos nadadores por meio do IdC1 e o IdC2. Dentre os achados de Seifert, Chollet e Allard (2005) detacam-se os seguintes: (1) nadadores de nível técnico mais elevado apresentaram maiores valores de IdC médio (G1: 3,8 ± 3,8 %; G2: 1,4 ± 4,2 %; G3: 0,0 ± 4,4 %); (2) em todos os grupos do estudo os atletas que respiraram apenas para um dos lados apresentaram diferenças significativas entre IdC1 e IdC2 sendo o lado de respiração considerado mais eficiente pois o IdC apresentou valores mais próximos de 0 % indicando uma coordenação próxima ao modelo de oposição (respiração para o lado direito: IdC1 = 4,0 ± 6,3 %, IdC2 = -0,2 ± 5,5 %; respiração para o lado esquerdo: IdC1 = 0,6 ± 4,8 %, IdC2 = 4,8 ± 5,1 %; respiração bilateral: IdC1 = -2,7 ± 5 %, IdC2 = -2,5 ± 4,6 %); (3) quando comparados os valores de IdC dos ciclos de braçada nos quais foram realizados movimentos de respiração lateral e dos ciclos onde não foram realizados esses movimentos, os pesquisadores verificaram diferenças significativas apenas nos grupos de menor nível técnico o que indica que a técnica de braçada dos melhores nadadores sofre menor influência dos movimentos de respiração lateral em nado *crawl*; e (4) a comparação entre a coordenação de ambos os braços mostrou que nadadores com dominância lateral esquerda ou direita apresentam diferença significativa entre IdC1 e IdC2, a análise dos valores de IdC nos sugere que a coordenação é mais eficiente no lado dominante do nadador.

Moré, Carpes e Castro (2007) realizaram um estudo que analisou a simetria dos picos de força durante o nado *crawl* e a influência da respiração sobre esta variável. Os pesquisadores avaliaram 10 nadadores (idade média de 14,07 ± 2,27 anos) em um teste de 30 s de nado amarrado. Após a filtragem do sinal oriundo da célula de carga e conversão dos valores de tensão elétrica (mV) em unidades de força (N) foram identificados os picos de força das braçadas esquerda e direita. O lado da respiração de cada nadador foi observado durante o teste e utilizado para comparação entre os valores de força do lado da respiração e

do lado oposto ao da respiração. Não foram detectadas diferenças estatísticas entre os valores médios dos picos de força apresentados pelos atletas no lado utilizado para realizar a respiração e o lado para o qual eles não respiravam. Na comparação intra-sujeitos os resultados demonstraram uma significativa diferença entre valores médios dos picos de força do braço direito e os valores médios dos picos de força do braço esquerdo em oito dos dez sujeitos avaliados. Após a análise dos resultados os autores concluíram que a assimetria bilateral detectada nos valores médios de pico de força não é causada pelo movimento de respiração lateral durante o nado *crawl*.

3.4 Nado amarrado x nado livre

Maglischo et al. (1984) realizaram um estudo com o objetivo de comparar as características mecânicas da braçada em nadadores de *crawl* durante nado livre e nado semi-atado. Os atletas (idade média de 17,3 anos) perfizeram, por quatro vezes, uma distância de, aproximadamente, 10 m. A primeira e terceira repetições foram de nado livre enquanto a segunda e quarta repetições foram feitas em nado semi-atado. Todas as repetições foram filmadas por câmeras 16 mm colocadas sob a água dentro de caixas estanque que estavam posicionadas lateralmente e a frente do nadador. As câmeras capturaram as imagens a uma freqüência de 63 Hz. Durante a execução dos protocolos os nadadores tinham pontos de referência anatômicos marcados por fitas reflexivas que, posteriormente, foram utilizados para digitalização da fase subaquática de uma braçada direita completa em nado livre e nado semi-atado. Maglischo et al. (1984) verificaram que a maioria dos sujeitos analisados apresentou diferenças nos padrões de braçada adotados em nado livre e nado semi-atado. Diferenças no tempo despendido em cada uma das fases subaquáticas da braçada e diferenças espaciais nas fases de varredura para dentro e varredura para fora foram algumas das principais alterações percebidas pelos estudiosos. Todos os indivíduos analisados despenderam mais tempo na fase subaquática da braçada em nado semi-atado em relação ao nado livre (1,04 s e 0,95 s em média, respectivamente). Em média durante o nado livre os nadadores apresentaram 0,9 s a menos na fase de varredura para baixo e 0,7 s a mais na fase de varredura para cima. Maglischo et al. (1984) também perceberam que o movimento de pernas foi realizado a uma profundidade maior quando os atletas realizavam o nado semi-atado. Após a análise dos resultados os autores concluíram que o nado semi-atado é um método questionável para avaliação e treinamento de nadadores, pois, provavelmente, o uso repetitivo desta técnica pode causar prejuízos ao desempenho dos atletas no nado livre.

Apesar dos achados de Maglischo et al. (1984) poucos estudos comparando parâmetros biomecânicos do nado livre e nado amarrado foram encontrados até o momento o que torna inconclusiva qualquer afirmação acerca das alterações nos padrões de braçada impostas pelo nado amarrado ou semi-atado.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização do estudo

Este estudo caracteriza-se por ser do tipo ex-pos-facto, de corte transversal, onde são descritas, comparadas e correlacionadas variáveis quantitativas.

4.2 População e amostra

4.2.1 População

A população deste estudo foi de nadadores competitivos, vinculados à Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos, com no mínimo, 14 anos de idade e três anos de experiência competitiva, do sexo masculino.

4.2.2 Amostra

A amostra foi selecionada de maneira não aleatória, voluntária, composta de 13 nadadores, do sexo masculino, com idade mínima de 14 anos e, no mínimo, três anos de experiência competitiva. Todos os nadadores da amostra possuíam índice para um dos campeonatos brasileiros absolutos ou de suas respectivas categorias nas provas de 50 m, 100 m, 200 m ou 400 m nado livre. O número de sujeitos foi definido com base no tamanho das amostras analisadas em estudos que apresentam metodologias semelhantes a da presente pesquisa (KESKINEN e KOMI, 1993a; SWAINE e DOYLE, 1999; PAPOTI et al., 2003; SEIFERT, CHOLLET e ALLARD, 2005; MORÉ, 2005; SEIFERT et al., 2005; SCHNITZLER et al., 2006; MORÉ, CASTRO e KRUEL, 2007).

Os sujeitos participantes do estudo não possuíam histórico de afastamento dos treinos por motivos de lesão nos membros superiores e/ou cintura escapular nos seis meses antecedentes a data da coleta. Esta medida visou neutralizar possíveis influências de desequilíbrios musculares e/ou coordenativos, causados por lesões, na mecânica do nado.

O projeto de aplicação dos protocolos experimentais foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade federal do Rio Grande do Sul de acordo com a resolução nº196/1996, e aprovado sob registro número 2007812.

4.3 Variáveis do estudo

4.3.1 Variável independente

A variável independente deste estudo foi a técnica individual do nado *crawl* apresentada por cada um dos atletas avaliados.

4.3.2 Variáveis dependentes

As variáveis dependentes foram, neste estudo, o índice de coordenação (IdC), a diferença de tempo entre os picos de força aplicada por braçada (DTFA), e a freqüência média de braçadas (FB) identificados com os métodos de cinemetria e de nado amarrado.

4.4 Procedimentos de aquisição

Nesta seção serão descritos os materiais e procedimentos de coleta utilizados para todas as variáveis deste estudo.

Previamente à coleta dos dados todos os sujeitos do estudo foram informados, verbalmente e por meio de um termo de consentimento livre e esclarecido, sobre os objetivos, metodologia, riscos e benefícios da participação neste estudo. Todos assinaram um termo de participação voluntária que lhes permitia, se assim desejassem, retirar-se do estudo a qualquer momento sem ônus algum (Anexo 1).

4.4.1 Medidas antropométricas

Foram obtidas medidas de estatura, massa corporal e envergadura de todos os sujeitos da amostra antes da aplicação dos protocolos específicos para aquisição das variáveis do estudo.

4.4.1.1 Materiais para aquisição das medidas antropométricas

Foram utilizados, para a aquisição das medidas antropométricas, os seguintes materiais:

- balança marca *Filizola*, modelo 31, com resolução de 0,1 kg, para mensurar a massa de cada sujeito do estudo;
- estadiômetro marca *Filizola*, modelo 31, com resolução de 0,01 m, para mensurar a estatura de cada sujeito do estudo;
- fita métrica marca *Top-long*, com resolução de 0,01 m, para mesurar a envergadura de cada sujeito do estudo;
- ficha para apontamento dos dados, com local para indicação do nome, código do avaliado, massa, estatura e envergadura de cada sujeito.

4.4.1.2 Protocolo para aquisição das medidas antropométricas

A aquisição de todas as medidas antropométricas foi realizada com os nadadores trajando roupas de treino (sunga) e descalços. Todos os procedimentos foram realizados no Centro Natatório da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Para medição da massa foi solicitado a cada um dos sujeitos que permanecesse em pé, sobre a balança, em posição estática até que o avaliador pudesse verificar a indicação correspondente no instrumento de medida. Para mensuração da estatura os sujeitos deveriam permanecer em posição ereta, com a cabeça voltada para frente e as costas voltadas para o estadiômetro até a verificação, por parte do avaliador, do valor indicado. Para medição da envergadura os sujeitos foram posicionados em decúbito dorsal com os ombros abduzidos a 90°, foi considerada a envergadura a distância medida entre a ponta dos dedos médios das duas mãos do nadador.

4.4.2 Variáveis biomecânicas

Serão descritos, nesta seção, os materiais e protocolos específicos utilizados na coleta das variáveis índice de coordenação (IdC) e diferença de tempo entre os picos de força aplicada por braçada (DTFA) em nado livre e nado amarrado.

4.4.2.1 Materiais para aquisição e análise das variáveis

Os seguintes instrumentos foram empregados durante a aplicação dos protocolos para verificação das variáveis biomecânicas selecionadas para cada um dos sujeitos do estudo:

- duas câmeras filmadoras marca JVC, modelo GR-DVL9800, operando a uma freqüência de amostragem de 25 Hz, foram utilizadas para captar as imagens subaquáticas do movimento da braçada executado pelo atleta;
- duas caixas estanque projetadas e construídas para realização deste estudo foram utilizadas para colocação das câmeras filmadoras possibilitando sua imersão na piscina (Figura 1 e Figura 2);
- dois carrinhos, e trilhos para cada um deles, onde foram fixadas as caixas estanque para deslocamento ao longo da borda lateral da piscina (Figura 1 e Figura 3);
- célula de carga blindada, modelo ZX 250 (Alfa Instrumentos, SP), com sensibilidade de 2 mV/V e capacidade para 250 N, que, fixada a borda de piscina, serviu para determinação da resultante das forças aplicadas pelo nadador (Figura 4);
- indicador de sinais 3103 (Alfa instrumentos, SP) (Figura 4);
- cabo de aço com seis metros de comprimento e três milímetros de diâmetro (Figura 4) que teve uma de suas extremidades presa a cintura do nadador, através de um cinto, e sua outra extremidade fixada a célula de carga;
- computador portátil utilizado para captação dos sinais gerados pela placa conversora analógica/digital;
- placa conversora analógica/digital PCM-DAS165/16 (Computer Boards) de 16 canais e 300 KHz, que foi utilizada para conversão dos sinais oriundos da célula de carga;
- modulo eletrônico para sincronização dos sinais de ambas as câmeras e da célula de carga composto por um disparador manual, duas lâmpadas e uma saída elétrica;
- três cronômetros manuais marca Casio modelo HS-30W;
- *software* SAD 32 para aquisição e análise dos dados provenientes da célula de carga;
- *software* VirtualDub (versão 1.6.17) para captura das imagens da câmera filmadora para o computador portátil e análise quadro a quadro das imagens.

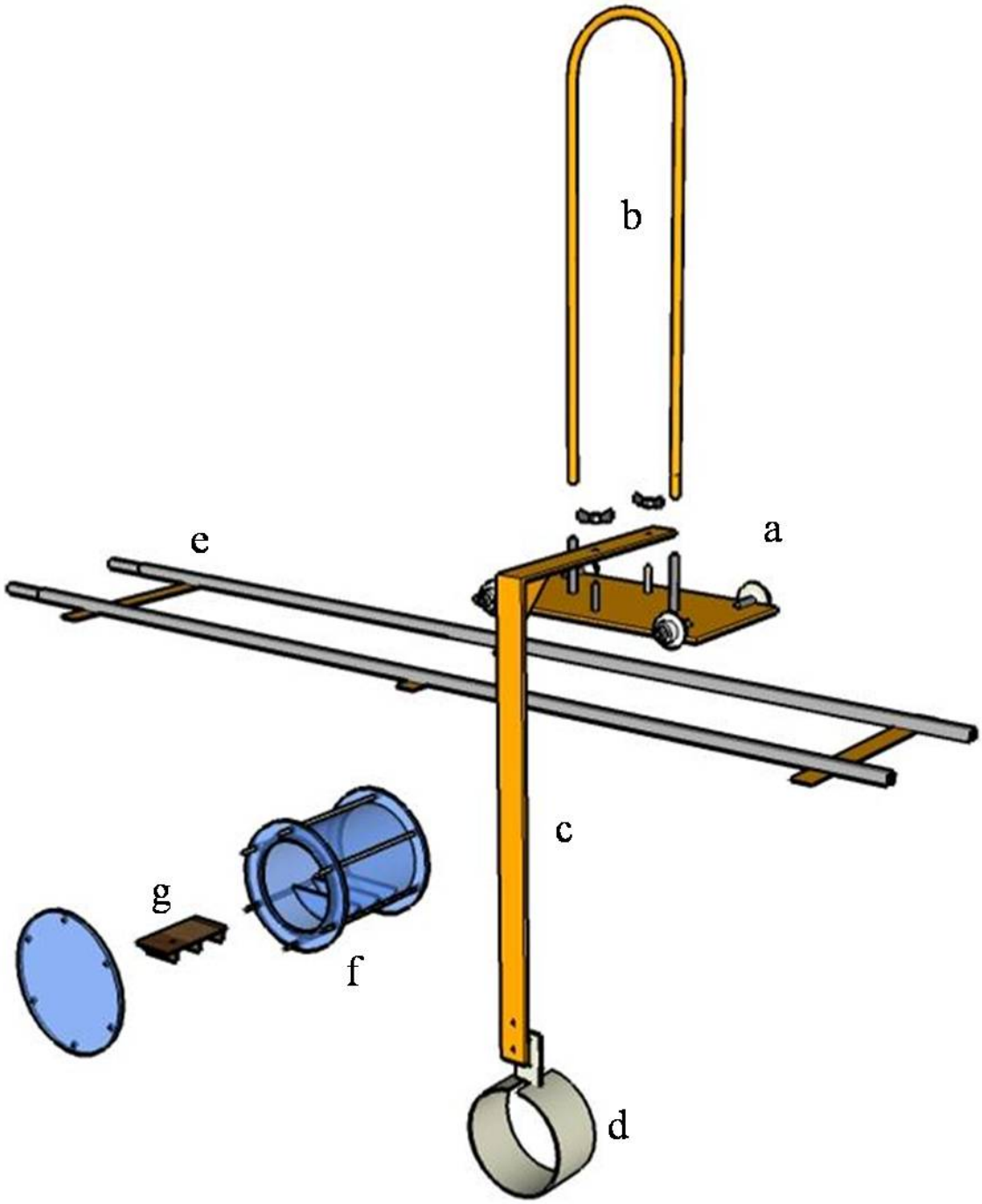

Figura 1 – Projeto dos equipamentos desenvolvidos para realização da filmagem subaquática durante o estudo: (a) carrinho; (b) guia para locomoção do carrinho pelo operador; (c) alça para fixação do suporte da caixa estanque; (d) suporte para caixa estanque; (e) modulo do trilho para deslocamento do carrinho; (f) caixa estanque; (g) suporte para fixação da câmera filmadora dentro da caixa estanque.

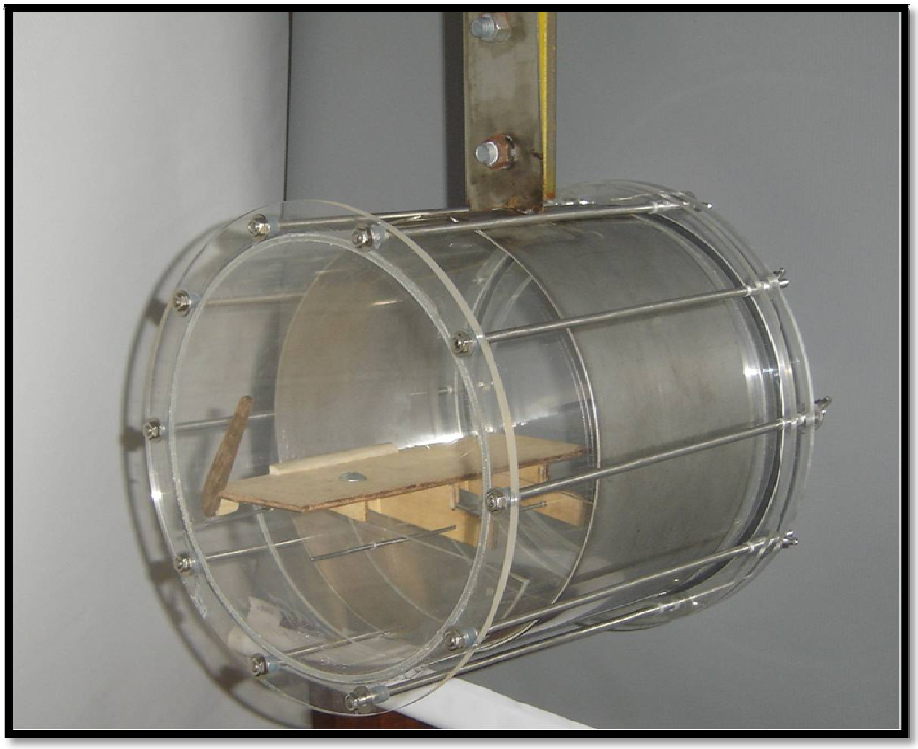

Figura 2 – Caixa estanque e suporte utilizado para submersão e fixação das filmadoras utilizadas no estudo.

Figura 3 – Carrinho e trilhos construidos para deslocamento das caixas estanque e filmadoras ao longo das bordas laterais da piscina, possibilitando a captura das imagens dos nadadores.

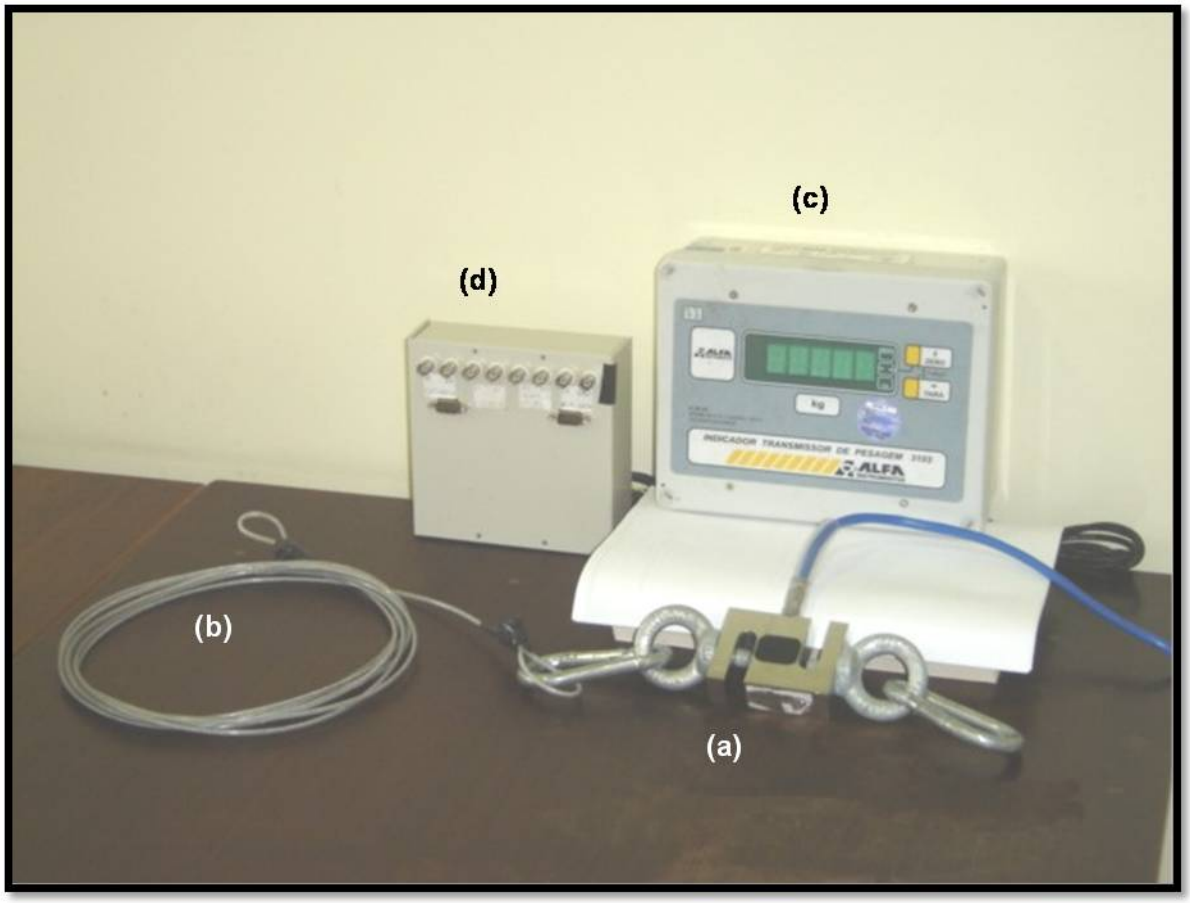

Figura 4 – Equipamentos utilizados para aquisição da resultante das forças aplicadas pelo nadador durante o nado amarrado: (a) célula de carga, (b) cabo de aço, (c) indicador de sinais e (d) adaptador para cabos multiplex.

4.4.2.2 Protocolo para aquisição das variáveis biomecânicas

A coleta dos dados para aquisição das variáveis biomecânicas deste estudo foi composta por dois protocolos distintos, ambos realizados no mesmo dia. Entre a execução de cada um dos protocolos foram respeitados 30 min de intervalo sendo 10 min em descanso ativo, nadando em baixa intensidade, seguidos de 20 min de intervalo passivo, dentro da piscina. Os protocolos seguiram uma ordem de aplicação fixa, sendo o protocolo A o primeiro a ser executado e o protocolo B o segundo a ser executado. Todos os procedimentos foram executados na piscina de 25 m do Centro Natatório da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Previamente a execução de qualquer dos protocolos os sujeitos não realizaram atividade física intensa por, no mínimo, 12 horas.

O protocolo A forneceu os dados para a determinação do modelo de coordenação adotado pelo nadador, para quantificação da simetria ou assimetria por este apresentada e para identificação da FB adotada durante o nado livre. O procedimento de avaliação foi composto de um teste de 50 m de nadados em máxima intensidade. Durante a realização deste teste o nadador foi acompanhado por duas filmadoras colocadas, cada uma, em uma das laterais da piscina de forma que as imagens de um lado do nadador fossem captadas por uma câmera e as imagens do outro lado fossem captadas por outra câmera. Cada câmera foi posicionada aproximadamente 30 cm abaixo da superfície da água, eqüidistantes 7,5 m do nadador e dentro de uma caixa estanque presa a um carrinho. Os carrinhos foram deslocados sobre trilhos, por operadores previamente treinados, a uma velocidade próxima a do nadador. O curso de deslocamento do equipamento foi de 15 m compreendidos entre os cinco metros iniciais e os cinco metros finais da piscina. Um sinal luminoso foi disparado simultaneamente nas duas câmeras. Esta medida visou determinar um instante único para início das análises das duas imagens geradas.

O protocolo B visou à determinação do modelo de coordenação, a quantificação da simetria ou assimetria apresentada pelo nadador e a identificação da FB adotada durante o nado amarrado além da determinação da resultante das forças aplicadas durante o mesmo teste possibilitando, assim, a determinação da DTFA. O protocolo B consistiu de um teste máximo em nado amarrado (PAPOTI et al., 2003; KESKINEN e KOMI, 1993a) com um tempo de duração semelhante ao utilizado pelo nadador para realizar os 50 m durante o protocolo A. Neste teste o nadador realizou a natação estacionária, em estilo *crawl*, preso, por um cinto, a um cabo de aço que, por sua vez, estava conectado a uma célula de carga fixada a borda da piscina impedido o deslocamento do atleta. Durante o nado amarrado o nadador foi filmado por duas câmeras posicionadas paralelamente a ele nas duas bordas laterais da piscina, sob a água a, aproximadamente, 30 cm de profundidade. Um sinal luminoso e um pulso elétrico foram disparados simultaneamente nas câmeras filmadoras e no *software* de coleta de dados possibilitando a sincronização entre o sinal de força proveniente do sensor de carga e as imagens geradas pelas filmadoras. O início e o final do teste foram determinados por sinais sonoros disparados por um avaliador. A Figura 5 representa o teste de nado amarrado.

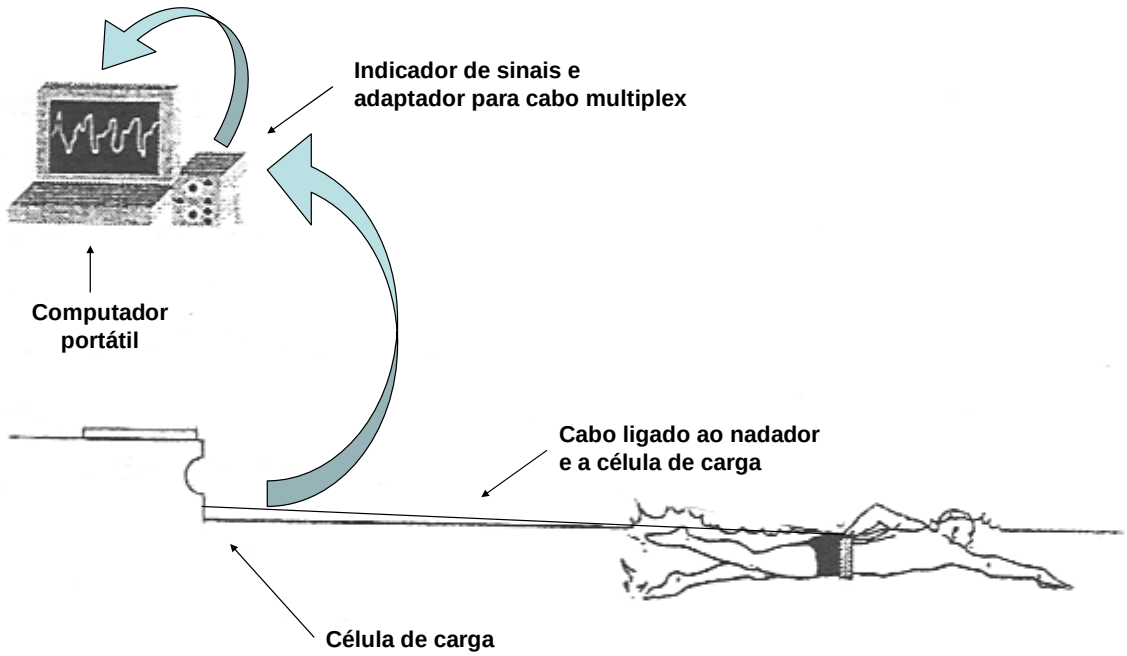

Figura 5 – Teste de nado amarrado, as setas maiores indicam o caminho do sinal gerado pela célula de carga (adaptada de Taylor et al., 2003).

Durante a execução de ambos os protocolos os atletas receberam incentivo verbal dos avaliadores e treinadores presentes no recinto.

4.5 Procedimentos de análise

Os procedimentos de análise aplicados aos dados brutos a fim de obter os valores de IdC e DTFA, além de suas comparações e correlações, são descritos a seguir.

4.5.1 Índice de coordenação (IdC)

Para determinação do modelo de coordenação adotado por cada um dos atletas durante o nado livre e nado amarrado foi utilizado o IdC proposto por Chollet, Chalies e Chatard (2000).

Cada movimento completo da braçada filmado pelas câmeras de vídeo foi dividido em quatro fases distintas que tiveram suas durações definidas de acordo com o tempo decorrido

entre dois pontos chave (quadros do vídeo) determinados por avaliadores previamente treinados (SEIFERT et al., 2006). Para determinação dos pontos chave os avaliadores analisaram as imagens quadro a quadro identificando o instante em que ocorreu a ação correspondente à proposta por Chollet, Chalies e Chatard (2000) como sendo o momento no qual aconteceu o final de uma fase e o início da fase seguinte da braçada. Com o objetivo de evitar que a análise subjetiva na determinação de um ponto chave para identificação das fases da braçada sofresse influências da opinião isolada de um avaliador ou do seu nível de experiência cada uma das imagens capturadas pelas câmeras filmadoras foi analisada por três avaliadores previamente treinados no método de análise proposto A determinação do ponto válido seguiu os seguintes critérios (SEIFERT, CHOLLET e ALLARD, 2005):

- Quando o ponto chave determinado foi igual para, no mínimo, dois dos avaliadores, este era considerado como correto.
- Se os pontos chave determinados tivessem uma diferença de até 0,08 s (dois quadros) para mais e/ou para menos, para os três avaliadores, era considerado o valor intermediário.
- No caso de divergências superiores a 0,08 s (dois quadros) entre os pontos determinados pelos três avaliadores era realizada uma reunião entre, no mínimo, dois deles onde, após nova análise dos vídeos, era determinado o ponto chave válido.

O sincronismo entre as imagens geradas pelas duas câmeras foi obtido iniciando-se a contagem dos quadros a partir do momento em que o sinal luminoso, disparado simultaneamente nas duas filmadoras, foi verificado (NIKODELIS, KOLLIAS e HATZITAKI, 2005). As fases de cada braçada tiveram suas durações definidas como descrito a seguir:

- (1) Entrada e apoio da mão na água: tempo decorrido entre a entrada da mão na água até o início do movimento da mão para trás.
- (2) Puxada: tempo entre o início do movimento da mão para trás até que esta estivesse no plano vertical, em relação ao meio, e na mesma linha do ombro do nadador.
- (3) Empurrada: tempo decorrido entre o momento em que a mão ultrapassou o plano vertical, na mesma linha do ombro e o momento em que a mão rompeu a superfície da água.
- (4) Recuperação: tempo decorrido entre a saída da mão da água e a entrada da mesma mão na água, à frente do corpo do nadador.

A duração de cada fase foi mensurada, para cada braçada, com uma resolução de 0,04 s (25 Hz). A duração da fase propulsiva foi obtida pela soma das durações das fases de puxada e empurrada e a duração da fase não propulsiva foi considerada como a soma das durações das fases de recuperação e entrada e apoio. A duração da braçada completa foi dada pela soma das fases propulsiva e não propulsiva.

Para determinação do tipo de coordenação adotada por cada nadador foi mensurado, também, o intervalo de tempo entre o final da fase propulsiva de um braço e o início da fase propulsiva do outro braço. O intervalo de tempo entre o final da fase propulsiva da braçada esquerda e o inicio da fase propulsiva da braçada direita, expresso em valor percentual relativo à duração total da braçada, foi considerado como IdC1. O tempo decorrido entre o final da fase propulsiva da braçada direita e o inicio da fase propulsiva da braçada esquerda, expresso em valor percentual relativo à duração total da braçada, foi considerado como IdC2 (CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000). A comparação entre IdC1 e IdC2 permitiu identificar possíveis assimetrias em relação aos modelos de coordenação adotados por cada atleta em cada braçada.

Quando o início da fase propulsiva de uma braçada coincidiu com o final da fase propulsiva da braçada contra-lateral, o intervalo de tempo entre elas era nulo. Neste caso o valor de IdC foi de 0%. Se o início da fase propulsiva de uma braçada foi anterior ao final da fase propulsiva da braçada contra-lateral e, portanto, houve um tempo em que os dois braços estavam gerando propulsão simultaneamente, o modelo de coordenação adotado foi o de sobreposição. O valor de IdC foi, neste caso, maior do que 0%. Caso um período de tempo sem a ação propulsiva de nenhum dos braços fosse verificado o valor de IdC era considerado menor que 0%, indicando, assim, que o modelo de coordenação adotado foi de captura. A identificação dos valores de IdC em números positivos ou negativos foi proposta por Chollet, Chalies e Chatard (2000) com o objetivo de diferenciar ações propulsivas dos braços ocorridas simultaneamente ou períodos sem ações propulsivas dos braços.

A Figura 6 apresenta o gráfico, no modelo proposto por Chollet, Chalies e Chatard (2000), de um dos nadadores da amostra. Estão representadas duas braçadas direitas e duas braçadas esquerdas, com suas quatro fases, e os respectivos IdC1 e IdC2.

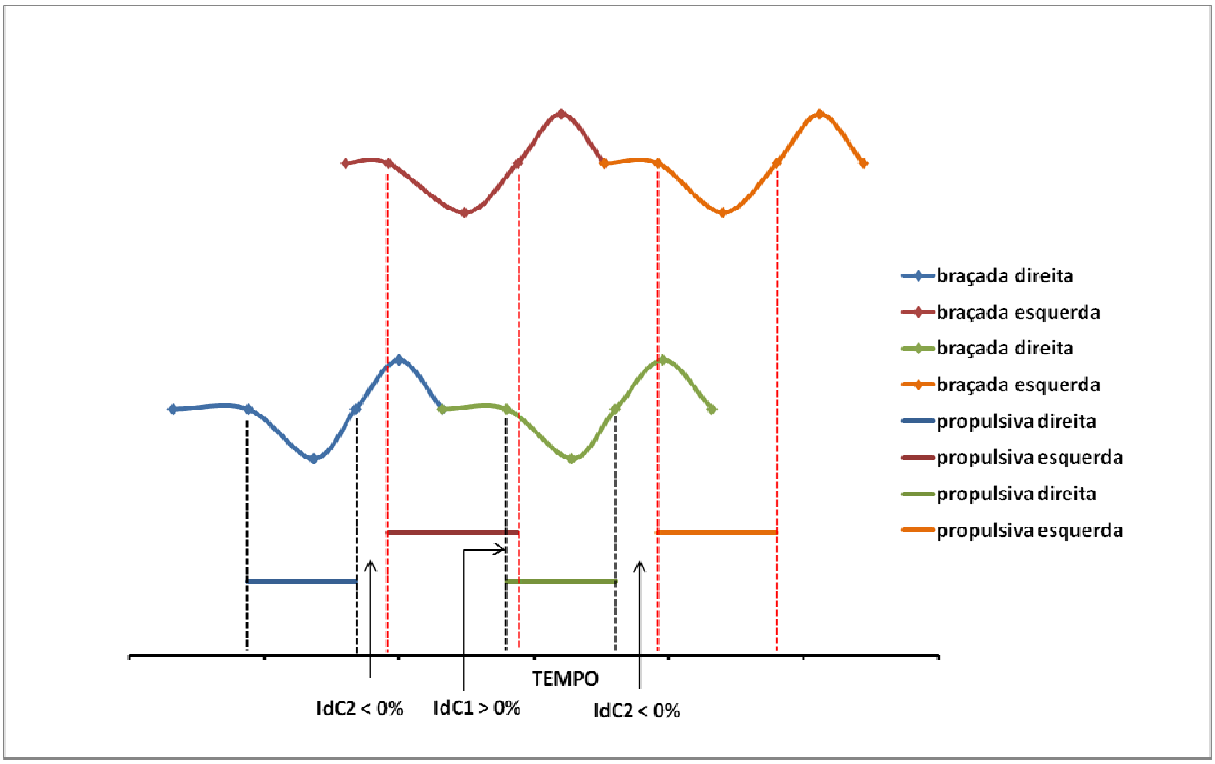

Figura 6 – Duas braçadas esquerdas e duas braçadas direitas executadas por um dos nadadores da amostra, o espaço indicado pelas setas mostram o tempo decorrido sem propulsão ou com propulsão simultânea de ambos os braços.

4.5.2 Freqüência média de braçadas (FB)

Para determinação da FB adotada pelos nadadores em ambos os protocolos foi calculada a duração total de três ciclos completos de braçadas executados pelo nadador. A duração de um ciclo completo de braçadas foi mensurada a partir das informações obtidas pelas câmeras filmadoras, contando-se o número de quadros compreendidos entre a entrada de uma mão na água até a próxima entrada da mesma mão na água. Para obtenção do tempo total de cada ciclo multiplicou-se o número total de quadros do intervalo por 0,04 s.

A FB de cada atleta foi calculada em dois instantes de cada um dos testes (livre e amarrado). A freqüência média de braçadas na primeira metade do teste de nado livre (FBiniL) foi calculada a partir do tempo dos três ciclos intermediários executados pelo nadador na primeira parcial de 25 m do teste executado no protocolo A. A freqüência média de braçadas na segunda metade do teste de nado livre (FBfinL) foi calculada a partir do tempo dos três ciclos intermediários executados pela nadador na segunda parcial de 25 m do teste executado no protocolo A. As freqüências médias de braçadas da primeira (FBiniA) e da segunda (FBfinA) metades do teste de nado amarrado foram calculadas a partir do tempo

despendido para execução de três ciclos completos de braçada executados, no protocolo B, nos instantes correspondentes aos períodos em que foram calculadas as durações dos três ciclos no teste de nado livre.

As FB foram obtidas a partir da Equação 2 onde FB representa a freqüência média de braçadas, expressa em ciclos.s^{-1}; 3 representa o número de ciclos de braçadas executados e t3cic representa, em segundos (s) o tempo total para execução de três ciclos completos de braçadas:

Equação 2

$$FB = \frac{3}{t3cic}$$

4.5.3 Simetria de nado

Para avaliação da simetria do nado *crawl* durante nado livre foram comparados os valores de IdC1 e IdC2 observados no protocolo A. A comparação dos valores de IdC1 e IdC2 observados durante o protocolo B foi utilizada para avaliação da simetria em nado amarrado. Em ambos os protocolos o número de braçadas utilizadas para a comparação dos valores de IdC1 e IdC2 foram igualados. Para tanto se eliminou o número total de braçadas excedentes executadas pelo braço que realizou um maior número de movimentos completos.

4.5.4 Comparação entre nado livre e nado amarrado

Com o intuito de verificar se o modelo de coordenação adotado por um nadador em nado livre e nado amarrado foi semelhante foram comparados os valores médios de IdC1 em nado livre e nado amarrado e os valores médios de IdC2 em nado livre e nado amarrado. Para tanto, inicialmente, o número de ciclos de braçadas analisados, para cada um dos indivíduos da amostra foi igualado, pois apesar das durações totais dos dois testes executados nos protocolos A e B serem semelhantes, o teste em nado amarrado possuía um número maior de ciclos de braçadas filmados por não sofrer efeito de saída e virada, períodos em que o nadador não executa o movimento da braçada. Para tanto foram eliminados: (1) o primeiro ciclo completo de braçadas coletados em ambos os testes; (2) os ciclos de braçadas correspondentes, obtido pelas filmagens do teste de nado amarrado, ao intervalo de tempo durante o teste de nado livre em que o nadador executava a virada, período em que não foram capturadas imagens de suas braçadas; (3) o primeiro ciclo completo de braçadas, após a virada

do teste de nado livre, e o ciclo correspondente no teste de nado amarrado; e (4) o número total de ciclos de braçadas excedentes, presentes no teste de nado amarado em relação ao teste de nado livre.

Ainda para a verificação das diferenças encontradas entre o nado livre e o nado amarrado foram comparadas as FB executadas pelos nadadores durante o protocolo A e B. As FBiniL e FBiniA foram comparadas, bem como as FBfinL e FBfinA.

A simetria de nado apresentada por cada atleta durante a execução dos protocolos A e B foi comparada com o intuito de verificar se há alteração na simetria quando o atleta é submetido a diferentes situações de nado.

4.5.5 Diferença de tempo entre os picos de força aplicada por braçada (DTFA)

Para identificação e comparação dos intervalos de tempo decorridos entre os picos de força de cada uma das braçadas do nadador durante o nado amarrado foi utilizada a metodologia proposta por Moré, Castro e Kruel (2007).

Para determinação da curva representativa da resultante das forças aplicadas pelo nadador ao longo do teste de nado amarrado as deformações detectadas pela célula de carga, devido à tensão gerada pelos esforços do nadador, foram captadas pelo condicionador de sinais. Foram utilizados dois canais para aquisição dos dados, um para o sinal oriundo da célula de carga e outro para o sinal oriundo do módulo eletrônico de sincronização. Os valores obtidos durante o teste foram transmitidos, por meio de uma placa conversora de sinais, ao computador portátil, e armazenados no programa de aquisição de dados SAD32 a uma freqüência de 500 Hz.

Para análise dos dados de força foi utilizado o *software* SAD32. O sinal gerado pela célula de carga foi submetido a um filtro digital do tipo média móvel (CASTRO, 2007) a fim de retirar todas as freqüências acima de 20 Hz. Após foram identificadas visualmente as curvas correspondentes a cada braçada. Em seguida identificou-se visualmente, no eixo das abscissas, o momento em que ocorreu o pico de força em cada uma das curvas.

A DTFA foi considerada o valor médio de tempo decorrido entre o pico de força de uma braçada e o pico de força da braçada contra-lateral imediatamente posterior. Neste estudo a DTFA1 foi o tempo decorrido entre o pico de força da braçada esquerda e o pico de força da braçada direita subseqüente enquanto a DTFA2, o tempo decorrido entre o pico de força do braço direito e o pico de força do braço esquerdo subseqüente. A Figura 7 apresenta uma

curva típica do teste de nado amarrado de um dos nadadores da amostra no qual foram identificados os picos da força aplicada em cada braçada e determinadas as DTFA1 e DTFA2.

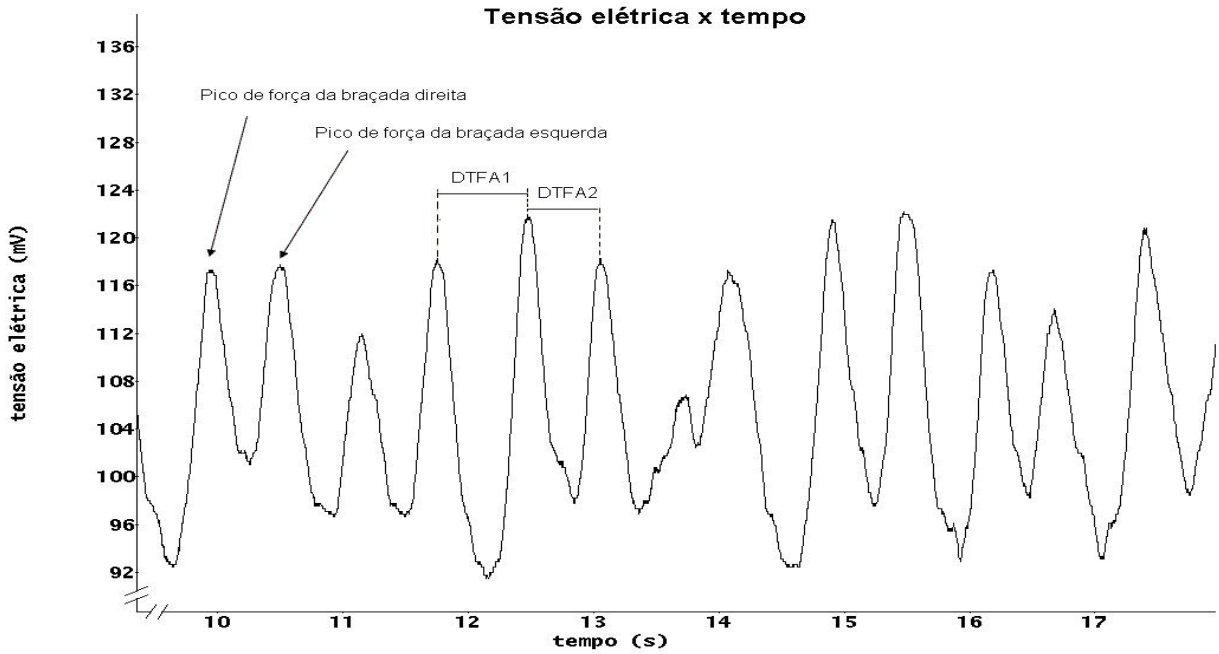

Figura 7 – Curva de tensão elétrica em função do tempo típica do teste de nado amarrado, braçadas direita e esquerda foram identificadas para determinação da DTFA1 e DTFA2.

4.5.6 Correlação entre IdC e DTFA

Com o intuito de verificar se o método de DTFA nos forneceu indicativos sobre o modelo de coordenação adotado por cada nadador, foram correlacionados os valores de IdC e DTFA apresentados durante a execução do protocolo de nado amarrado. Os valores de IdC1 foram correlacionados aos de DTFA1 e os valores de IdC2 foram correlacionados aos de DTFA2.

4.6 Procedimentos estatísticos

A análise contou com estatística descritiva (cálculo de médias e desvios-padrão) para todas as variáveis do estudo.

Previamente as análises comparativas foram testadas a normalidade de todas as distribuições de dados por meio do teste de *Shapiro-Wilk* (Anexo 2). A homogeneidade das variâncias foi verificada por meio do teste de *Levene* (Anexo 2). Quando verificada a

normalidade dos dados o teste *t* de *Student* para amostras independentes foi utilizado para comparações. Nos casos onde não se verificou a normalidade dos dados o teste não-paramétrico *U* de *Mann-Whitney* foi utilizado nas comparações.

Para verificação das diferenças entre nado livre e nado amarrado foram comparados os valores de IdC1 apresentados em ambas as situações de nado e IdC2 apresentados durante nado livre a nado amarrado. Previamente, porém, foram testadas as normalidade de todas as distribuições dos dados, igualados conforme metodologia descrita no item 4.5.4, por meio do teste de *Shapiro-Wilk* (Anexo 3). Quando verificada a normalidade o teste *t* de *Student* para amostras pareadas foi utilizado para comparações. Nos dados em que não foi verificada normalidade o teste de *Wilcoxon* foi utilizado.

O teste *t* de *Student* para dados pareados fui utilizado nas comparações dos valores de FBiniL e FBfinL, FBiniA e FBfinA, FBiniL e FBiniA e nas comparação das FBfinL e FBfinA, uma vez que foi verificada a normalidade em todos os dados desta variável por meio do teste de *Shapiro-Wilk* (Anexo 3).

O teste de *Shapiro-Wilk* foi utilizado para verificação da normalidade das distribuições dos dados de DTFA, previamente as análises comparativas (Anexo 2). A homogeneidade das variâncias foi testada por meio do teste de *Levene* (Anexo 2). Quando verificada a normalidade dos dados o teste *t* de *Student* para amostras independentes foi utilizado para as comparações. Nos casos em que não se verificou a normalidade na distribuição dos dados o teste não-paramétrico *U* de *Mann-Whitney* foi utilizado nas comparações.

Para verificação da relação existente entre as variáveis IdC em nado amarrado e DTFA foram utilizados os testes de Correlação Linear Produto-Momento de *Pearson*, no caso dos dados com distribuição paramétrica, e o teste de correlação de *Spearman*, para os dados com distribuição não paramétrica. O teste de *Shapiro-Wilk* foi utilizado para testar a normalidade das distribuições de ambas as variáveis (Anexo 2) previamente a utilização dos testes de correlação.

O nível de significância de $\alpha < 0,05$ foi adotado para todas as análises deste estudo. Correlações maiores que 0,7 foram consideradas fortes. O *software* SPSS versão 16.0 foi utilizado para todas as análises estatísticas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados das medidas antropométricas, IdC em nado livre e nado amarrado, FB em nado livre e nado amarrado, simetria em teste de nado livre e teste de nado amarrado, comparações entre nado livre e nado amarrado, DTFA e correlações entre DTFA e IdC.

5.1 Características da amostra

5.1.1 Apresentação dos resultados

Os valores de idade, estatura, envergadura, massa, tempo no teste de 50 m nado livre e desempenho (percentual do recorde mundial dos 50 m nado livre) de cada um dos nadadores da amostra, além das médias e desvios padrão do grupo, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Idade, estatura, envergadura, massa, tempo no teste de 50 m e desempenho dos sujeitos da amostra. Médias e desvios-padrão (DP) das variáveis.

Sujeito	Idade (anos)	Estatura (cm)	Envergadura (cm)	Massa (kg)	Tempo 50 m (s)	Desempenho (%)
1	19,0	179	197	61,6	26,3	80,91
2	18,4	183	191	79,2	27,66	76,93
3	26,5	180	190	70,7	28,18	75,51
4	24,2	174	181	75,9	26,77	79,49
5	15,1	173	182,5	62,6	28,5	74,67
6	14,3	178,5	185,5	62	25,19	84,48
7	15,3	172	180,3	62	29,19	72,90
8	17,9	183	192,5	72	25,18	84,51
9	14,8	187,5	197,4	75,2	27,8	76,55
10	14,7	175	181,2	67,8	28,75	74,02
11	27,5	186	193	84,5	25	85,12
12	16,0	173	184	59,2	28,1	75,73
13	28,2	182,5	190	83,6	26,5	80,30
Média	19,4	179,0	188,1	70,5	27,2	78,5
DP	5,3	5,2	6,0	8,7	1,4	4,2

5.1.2 Discussão dos resultados

Os dados que caracterizaram os sujeitos do estudo estão de acordo com a maioria dos resultados encontrados nos estudos que buscaram avaliar populações semelhantes a do presente estudo. Seifert et al. (2005) ao avaliarem a estrutura espaço-temporal e coordenativa das braçadas de nadadores franceses de elite, avaliaram 20 nadadores (idade média de 20,1 ± 3,1 anos) que apresentaram os seguintes valores médios (± desvio-padrão) de massa, estatura e envergadura: 77,3 ± 5,6 kg, 184,2 ± 5,4 cm e 190,4 ± 9,4 cm, valores semelhantes aos verificados no presente trabalho.

Payton et al. (1999) avaliaram a cinemática do rolamento do corpo em seis nadadores de elite do reino unido. A amostra do estudo apresentou uma idade média de 21,0 ± 1,4 anos, estatura média 188,0 ± 6,0 cm e massa corporal média de 78,6 ± 13,6 kg. Aujouannet, Rouard e Bonifazi (2006), com o objetivo de verificar os efeitos de um teste exaustivo na simetria da trajetória das mãos direita e esquerda, investigaram oito nadadores (idade média de 22,5 ± 2,3 anos), de nível internacional em um teste de nado amarrado na máxima intensidade, que apresentavam as seguintes características antropométricas: massa média de 79,0 ± 6,5 kg e estatura média de 1,87 ± 0,07 m. Os valores das variáveis antropométricas verificados pelos estudiosos não apresentam significativas diferenças em relação aos valores deste estudo.

Seifert, Chollet e Allard (2005) estudaram a relação entre simetria, lateralidade e respiração lateral durante os 100 m em estilo *crawl*. Para tanto avaliaram 28 homens, nadadores, franceses, divididos em três grupos de acordo com seu melhor desempenho nos 100 m nado livre. As características de idade, massa, estatura e envergadura, respectivamente, dos nadadores de cada um dos grupos é apresentada a seguir: Grupo 1 (nadadores de elite): 20,1 ± 3,3 anos, 77,4 ± 6,3 kg, 183,5 ± 11,4 cm, 189,8 ± 11,4 cm; Grupo 2 (nadadores de nível médio): 20,7 ± 1,4 anos, 72,4 ± 6,7 kg, 178,6 ± 6,9 cm, 183,4 ± 9,1 cm; e Grupo 3 (nadadores amadores): 20,2 ± 1,6 anos, 70,4 ± 6,7 kg, 179,4 ± 7,1 cm, 184,6 ± 9,8 cm. Os dados de Seifert, Chollet e Allard (2005) mostram um maior valor médio de massa, estatura e envergadura dos nadadores pertencentes ao Grupo 1. No presente estudo os nadadores não foram separados em grupos de acordo com seu desempenho nos 50 m livres, contudo podemos verificar que o nadador com a maior massa corporal e a segunda maior estatura foi o que apresentou o melhor desempenho nos testes. Ao considerarmos os valores médios do presente estudo verificamos que, em relação à massa corporal o Grupo 3 do estudo de Seifert, Chollet e Allard (2005) foi o que apresentou valores mais próximos, em relação a estatura os Grupos 2 e 3 apresentaram valores bastante próximos aos dos nadadores aqui avaliados, já em

relação a envergadura o Grupo 1 foi o que apresentou valores mais próximos ao do presente estudo.

Seifert, Chollet e Chatard (2007) analisaram as mudanças em parâmetros cinemáticos selecionados durante os 100 m nado *crawl* e os efeitos do nível de desempenho e gênero. Para tanto forma investigados 36 nadadores voluntários (28 homens e 8 mulheres) divididos em grupos de acordo com o sexo e desempenho nos 100 m livres. As idades médias e características antropométricas (massa, estatura e envergadura, respectivamente) dos nadadores (homens) que compuseram os grupos 1, 2 e 3 são descritas a seguir: Grupo 1 (12 nadadores rápidos): 19,8 ± 3,1 anos, 76,4 ± 5,5 kg, 1,83 ± 0,05 m, 1,90 ± 0,07 m; Grupo 2 (8 nadadores de nível intermediário): 20,9 ± 1,1 anos, 71,2 ± 7,1 kg, 1,77 ± 0,05 m, 1,82 ± 0,07 m; Grupo 3 (8 nadadores lentos): 20,1 ± 1,6 anos, 70,6 ± 5,2 kg, 1,79 ± 0,06 m, 1,85 ± 0,08 m.

Em estudo que analisou o modelo de coordenação adotado durante um teste incremetal que consistiu de oito repetições de 25 m com velocidades correspondentes as de 3000 m, 1500 m, 800 m, 400 m, 200 m, 100 m, 50 m e máxima velocidade de nado, Seifert, Chollet e Bardy (2004) avaliaram 14 nadadores franceses de nível nacional e internacional. Os atletas apresentaram uma idade média de 22,8 ± 3,8 anos, massa corporal média de 77,6 ± 5,1 kg e estatura média de 186,0 ± 4,0 cm. Schnitzler et al. (2008) ao investigarem a ligação entre as modificações na coordenação de nado e a variação intracíclica de velocidade em função da velocidade de nado e o gênero, avaliaram 12 atletas franceses de elite (seis nadadores e seis nadadoras). Foram verificados valores médios de idade de 22,3 ± 4,0 anos, massa de 75,8 ± 4,2 kg, estatura de 184,9 ± 2,9 cm e envergadura de 192,9 ± 1,6 cm. Os nadadores avaliados nos estudos citados acima foram, em média, mais velhos que os avaliados no presente estudo, fato que pode ser explicado pelo nível técnico da amostra. Os nadadores dos estudos de Seifert, Chollet e Bardy (2004) e Schnitzler et al. (2008) compunham a elite da natação competitiva de seu país. Considerando que o auge do desempenho na natação ocorre, em média, após os 20 anos de idade e, no presente estudo, a amostra contava com nadadores da elite nacional em suas respectivas categorias etárias, categoria absoluta e nadadores que não compunham a elite nacional, a diferença de idade pode ser explicada. Da mesma forma o menor valor verificado, por parte dos sujeitos deste estudo, nas variáveis massa, estatura e envergadura, pode ser explicado pelo fato de seis, dos 13 nadadores, apresentarem idade inferior a 16 anos e, possivelmente, ainda não terem atingido a maturação podendo apresentar aumento nos valores dessas variáveis nos próximos anos.

Diversos estudos que se preocuparam em analisar parâmetros cinemáticos do nado *crawl*, especialmente variáveis relacionadas aos modelos de coordenação adotados pelos nadadores, buscaram caracterizar o nível técnico de suas amostras por meio do desempenho dos avaliados. A expressão do desempenho de nadadores é comumente feita apresentando-se o tempo do sujeito em valores relativos ao tempo do recorde mundial para a distância determinada. Autores tem verificado, em nadadores de elite, para 100 m nado *crawl*, valores médios de desempenho de 91,3 ± 4,1 % (SEIFERT, CHOLLET e BARDY, 2004), 88,5 ± 5,3 % (SEIFERT et al., 2005) e 92,9 ± 2,9 % (SCHNITZLER et al., 2008) do recorde mundial vigente na data de realização do estudo. Seifert, Chollet e Allard (2005) avaliaram nadadores de diferentes níveis técnicos e verificaram valores de desempenho relativos ao recorde mundial dos 100 m livres de 90,1 ± 4,2 % para nadadores de elite, 79,6 ± 1,6 % para nadadores de nível regional e 69,6 ± 3,1 % para atletas de nível universitário. Valores muito próximos foram verificados por Seifert, Chollet e Chatard (2007) ao analisarem, em distâncias de 100 m no estilo *crawl*, um grupo de nadadores muito rápidos (88,4 ± 5,2 %), um grupo de nadadores com velocidade intermediária (79,3 ± 1,7 %) e um grupo de nadadores considerados lentos (69,6 ± 3,1 %).

No presente estudo a distância percorrida pelos sujeitos durante as avaliações foi de 50 m, no estilo *crawl*. Os nadadores apresentaram, em média, um desempenho relativo ao recorde mundial dos 50 m nado livre de 78,5 ± 4,2 %. Os estudos com metodologias semelhantes as do presente trabalho utilizaram, em sua maioria, para caracterização da amostra, tempos atingidos pelos atletas durante os 100 m livres em competições. Neste estudo o tempo alcançado pelos nadadores durante a execução do protocolo A, com saída de dentro da piscina, fato que aumenta substancialmente o tempo despendido para percorrer completamente a distância determinada, foi utilizado para calcular o desempenho relativo ao atual recorde mundial. Este fato, aliado a menor idade média dos avaliados, pode explicar a diferença existente entre os nadadores de elite avaliados em outros estudos e os nadadores aqui avaliados. Ao compararmos o desempenho atingido pelos sujeitos avaliados no presente estudo com os sujeitos de menor nível técnico avaliados em estudos presentes na literatura (SEIFERT, CHOLLET e ALLARD, 2005; SEIFERT CHOLLET e CHATARD, 2007) verificamos uma proximidade muito grande com o desempenho de nadadores de nível médio (nível regional) e valores superiores aos nadadores de nível baixo (universitários). A análise desses dados permite inferir que a amostra do presente estudo pode ser classificada como composta por nadadores de elite.

5.2 Variáveis Biomecânicas

Nesta seção serão, inicialmente, apresentados os resultados referentes a cada uma das variáveis biomecânicas relacionadas com a técnica de nado analisadas. Posteriormente os resultados serão confrontados com os achados na literatura.

5.2.1 Apresentação dos resultados

Os resultados das variáveis IdC, FB e DTFA serão apresentados a seguir, bem como os resultados da simetria de nado, da comparação entre nado livre e nado amarrado e da correlação entre IdC e DTFA.

5.2.1.1 Índice de coordenação (IdC)

A Tabela 2 traz os valores médios de IdC1 e IdC2 (expressos em valor relativo a duração total da braçada) apresentados durante as situações de nado livre e de nado amarrado.

Tabela 2 - Valores médios e desvios padrão dos índices de coordenação (IdC1 e IdC2) dos nadadores da amostra em nado livre e nado amarrado. Valores de IdC apresentados em percentual da duração total da braçada. Médias e desvios-padrão (DP) das variáveis.

Sujeito	IdC1 (%) nado livre	IdC2 (%) nado livre	IdC1 (%) nado amarrado	IdC2 (%) nado amarrado
1	0,08 ± 4,31	-16,77 ± 2,92	8,39 ± 4,24	0,71 ± 3,29
2	3,62 ± 2,87	-16,93 ± 3,62	17,50 ± 3,88	-2,71 ± 3,32
3	3,72 ± 2,67	-10,72 ± 6,20	6,44 ±2,61	-4,55 ± 4,48
4	4,46 ± 3,60	-11,29 ± 6,58	14,16 ± 3,84	-2,20 ± 5,01
5	-1,29 ± 5,99	-14,86 ± 5,39	5,36 ± 3,49	-9,82 ± 2,67
6	-2,38 ± 5,99	-10,17 ± 4,60	-3,48 ± 2,95	-12,00 ± 2,40
7	-6,69 ± 4,01	-7,74 ± 2,86	-8,80 ± 2,93	-5,19 ± 2,93
8	-1,13 ± 5,28	-2,24 ± 6,43	-4,25 ± 4,09	-0,47 ± 3,32
9	6,87 ± 8,99	-2,88 ± 8,41	6,93 ± 2,40	-1,68 ± 4,87
10	-10,55 ± 7,28	-1,52 ± 6,37	-4,73 ± 7,12	-1,90 ± 3,48
11	4,95 ± 3,82	3,67 ± 5,17	0,51 ± 2,79	7,68 ± 4,28
12	-6,65 ± 7,80	1,89 ± 5,18	6,95 ± 3,45	4,66 ± 3,13
13	0,98 ± 4,98	-4,22 ± 4,51	5,64 ± 2,63	-3,56 ± 2,98
Média ± DP	-0,36 ± 7,44	-6,94 ± 8,52	3,76 ± 8,27	-2,54 ± 6,12

Durante o protocolo A, no qual os nadadores executaram o nado livre, o valor médio de IdC (correspondente a média dos IdC1 e IdC2) verificado foi de -3,59 ± 8,63 % indicando uma coordenação no modelo de captura. O valor de IdC1 indica que, em média, um modelo de coordenação mais próximo da oposição foi adotado, quando comparado ao IdC2, que apresentou um menor valor médio, indicando um modelo de captura mais acentuado adotado pelos atletas.

Durante o nado amarrado, executado no protocolo B, foram verificados modelos de coordenação diferentes adotados pelos nadadores para cada um dos braços. Em média os nadadores da amostra apresentaram valores de IdC1 positivos, indicando um modelo de sobreposição. O valor médio de IdC2 dos atletas foi negativo indicando um modelo de captura adotado pelos nadadores. Durante o nado amarrado o valor médio de IdC (média de IdC1 e IdC2) foi de 0,59 ± 7,92 %.

Dos 13 sujeitos avaliados, durante o nado livre, sete apresentaram valores médios de IdC1 positivos, indicando um modelo de coordenação em sobreposição, e seis apresentaram valores negativos, caracterizando um modelo de coordenação em captura adotado pelos atletas. Em relação ao IdC2, 11 dos 13 nadadores apresentaram valores negativos indicando o modelo de captura adotado, e dois apresentaram valores positivos, indicando a adoção de um modelo de sobreposição.

Em nado amarrado, nove dos 13 sujeitos apresentaram valores de IdC1 positivos e quatro apresentaram valores negativos, indicando uma coordenação no modelo de sobreposição adotada pela maioria dos nadadores avaliados. A análise dos valores de IdC2 indica que apenas três atletas adotaram um modelo de sobreposição (IdC > 0%), enquanto dez nadadores mostraram o modelo e captura (IdC < 0%) como estratégia de coordenação adotada.

5.2.1.2 Freqüência média de braçadas (FB)

Os valores de FBiniL, FBiniA, FBfinL e FBfinA dos nadadores da amostra são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Freqüência média de braçadas apresentadas pelos sujeitos da amostra na primeira metade dos testes de nado livre (FBiniL) e nado amarrado (FBiniA) e na segunda metade dos testes da nado livre (FBfinL) e nado amarrado (FBfinA), expressas em ciclos.s^{-1}. Médias e desvios-padrão (DP) das variáveis.

Sujeito	FBiniL (ciclos.s^{-1})	FBfinL (ciclos.s^{-1})	FBiniA (ciclos.s^{-1})	FBfinA (ciclos.s^{-1})
1	0,90	0,82	0,66	0,64
2	1,01	0,95	0,81	0,84
3	0,95	0,88	0,71	0,70
4	0,97	0,82	0,69	0,71
5	0,96	0,89	0,82	0,74
6	1,01	0,94	0,80	0,75
7	0,83	0,78	0,74	0,68
8	1,09	1,04	0,94	0,94
9	0,90	0,87	0,77	0,74
10	0,78	0,75	0,77	0,67
11	0,87	0,84	0,84	0,82
12	1,01	0,96	0,80	0,74
13	1,00	0,95	0,97	0,94
Média	0,95	0,88	0,79	0,76
DP	0,08	0,08	0,09	0,10

A análise comparativa realizada entre os valores de FB apresentados pelos atletas na primeira e na segunda metade de ambos os testes executados demonstram que: (1) os valores de FBiniL foram significativamente maiores que os valores de FBfinL ($t_{(12)}$ = 6,996; p < 0,001) e (2) os valores de FBiniA foram significativamente mais elevados do que os valores de FBfinA ($t_{(12)}$ = 3,026; p = 0,011).

5.2.1.3 Simetria de nado

Para identificação da simetria de nado foram comparados os valores de IdC1 e IdC2 em nado livre e IdC1 e IdC2 em nado amarado. Foram considerados assimétricos os nados em que houve diferença significativa entre IdC1 e IdC2. A Tabela 4 mostra os valores do teste de comparação realizado entre IdC1 e 2 em ambas as situações de nado, além do número de pares de IdC avaliados durante a comparação do modelo de coordenação.

Tabela 4 - Valores de comparação entre IdC1 e IdC2 durante nado livre e entre IdC1 e IdC2 durante nado amarrado. p < 0,05 indica diferença significativa entre os valores de IdC; n indica o número de pares de IdC avaliados.

Sujeito	IdC1 x IdC2 nado livre p	IdC1 x IdC2 nado amarrado P
1	< 0,001 n = 10	< 0,001 n = 18
2	< 0,001 n = 15	< 0,001 n = 22
3	< 0,001 n = 18	< 0,001 n = 21
4	< 0,001 n = 13	< 0,001 n = 20
5	< 0,001 n = 14	< 0,001 n = 24
6	= 0,003 n = 13	< 0,001 n = 22
7	= 0,333 n = 14	< 0,001 n = 23
8	= 0,400 n = 12	= 0,002 n = 23
9	= 0,029 n = 15	< 0,001 n = 20
10	= 0,004 n = 12	= 0,030 n = 21
11	= 0,770 n = 12	< 0,001 n = 19
12	= 0,006 n = 15	= 0,022 n = 22
13	= 0,007 n = 13	< 0,001 n = 25

A análise comparativa entre os valores de IdC1 e IdC2 adotados pelos nadadores durante a execução do protocolo A demonstrou que apenas os sujeitos 7, 8 e 11 apresentaram nado simétrico, em relação a coordenação de nado, na situação de nado livre. Estes nadadores apresentaram, respectivamente, valores médios (± DP) de IdC1 e IdC2 de: -6,69 ± 4,01 e -7,74 ± 2,86; -1,13 ± 5,28 e -2,24 ± 6,43; 4,95 ± 3,82 e 3,67 ± 5,17. Durante o nado amarrado, executado no protocolo B, a análise comparativa mostrou que nenhum dos nadadores da amostra apresentou coordenação simétrica, devido a significativa diferença entre os valores de IdC1 e IdC2.

Apesar das diferenças entre os valores nominais médios de IdC1 e IdC2 apresentados em ambas as situações de nado a análise dos modelos de coordenação adotado indicam que seis atletas apresentaram semelhantes modelos de coordenação em nado livre e sete apresentaram semelhantes modelos de coordenação em nado amarrado. As análises dos valores de IdC1 e IdC2 durante o nado livre indicam que os sujeitos 5, 6, 7, 8 e 10 apresentaram coordenação em um modelo de captura para ambos os braços enquanto o sujeito 11 apresentou, também para ambos os braços, um modelo de sobreposição. Durante o nado amarrado a análise dos valores de IdC1 e IdC2 indica que os sujeitos 6, 7, 8 e 10 adotaram um modelos de coordenação em captura enquanto os sujeitos 1, 11 e 12 adotaram um modelo de sobreposição para ambos os braços.

5.2.1.4 Nado livre x nado amarrado

Para análise comparativa entre nado livre, executado durante o protocolo A, e nado amarrado, executado durante o protocolo B, foram comparados, inicialmente, os valores de FB atingidos pelos atletas. A análise comparativa entre FBiniL e FBiniA mostrou que, durante o nado livre, na primeira metade do tempo total de duração do teste, os nadadores executaram o gesto da braçada com uma freqüência média significativamente maior ($t_{(12)}$ = 6,157; p < 0,001). Enquanto a FBiniL foi de 0,95 ± 0,08 ciclos.s^{-1}, a FBiniA apresentou um valor de 0,79 ± 0,09 ciclos.s^{-1}. Durante a segunda metade de cada um dos testes, a análise comparativa realizada entre FBfinL e FBfinA, demonstrou que os nadadores, assim como na primeira metade dos testes, apresentaram valores significativamente mais elevados ($t_{(12)}$ = 7,126; p < 0,001) de FBfinL (0,88 ± 0,08 ciclos.s^{-1}) em relação a FBfinA (0,76 ± 0,1 ciclos.s^{-1}).

Também foram analisados os valores de IdC dos nadadores durante o protocolo A e B. A Tabela 5 apresenta os resultados da comparação realizada entre os valores de IdC1 em nado livre e IdC1 em nado amarrado, entre IdC2 em nado livre e IdC2 em nado amarrado, e o número de pares de IdC comparados para cada um dos sujeitos avaliados neste estudo.

Tabela 5 - Valores de comparação entre IdC1 em situação de nado livre e nado amarrado e entre IdC2 em situação de nado livre e nado amarrado; $p < 0,05$ indica diferença significativa entre os valores de IdC; n indica o número de pares de IdC avaliados em cada situação.

Sujeito	IdC1 nado livre x nado amarrado p	IdC2 nado livre x nado amarrado p
1	= 0,003 n = 11	< 0,001 n = 10
2	< 0,001 n = 16	= 0,001 n = 15
3	= 0,012 n = 9	= 0,003 n = 8
4	= 0,001 n = 15	= 0,002 n = 13
5	= 0,002 n = 15	= 0,008 n = 14
6	= 0,430 n = 14	= 0,600 n = 13
7	= 0,088 n = 14	= 0,056 n = 14
8	= 0,104 n = 13	= 0,168 n = 12
9	= 0,820 n = 15	= 0,469 n = 15
10	= 0,015 n = 13	= 0,790 n = 12
11	= 0,016 n = 12	= 0,116 n = 13
12	= 0,001 n = 15	= 0,036 n = 16
13	= 0,005 n = 13	= 0,162 n = 14

A análise comparativa entre valores de IdC apresentados pelos sujeitos avaliados em nado livre a nado amarrado indicou que apenas os sujeitos 6, 7, 8 e 9 apresentaram modelos de coordenação estatisticamente semelhantes, para ambas as braçadas direita e esquerda, em situação de nado livre e situação de nado amarrado. Esses sujeitos apresentaram valores médios (± DP) de IdC1 durante nado livre e nado amarrado de: -2,38 ± 5,99 % e -3,56 ± 2,67 %; -6,69 ± 4,01 e -9,01 ± 3,05 %; -1,13 ± 5,28 e -3,70 ± 3,00 %; 6,87 ± 8,99 e 7,31 ± 2,44 %, respectivamente, e valores médios (± DP) de IdC2 durante nado livre e nado amarrado de: -10,17 ± 4,6 % e -11,14 ± 2,20 %; -7,74 ± 2,86 % e -4,64 ± 3,16 %; -2,24 ± 6,43 % e -0,35 ±

2,94 %; -2,88 ± 8,41 % e -1,31 ± 5,01 %, respectivamente. Além dos quatro sujeitos que apresentaram coordenação semelhante para ambos os braços, três sujeitos apresentaram uma igualdade nos valores de IdC2 (10, 11 e 13).

Apesar das diferenças estatísticas entre os valores médios de IdC em nado livre e nado amarrado apresentadas para a maioria dos atletas avaliados, o modelo de coordenação de nado adotado por muitos deles manteve-se constante em ambas as situações avaliadas. A análise dos valores médios de IdC1 indica que os sujeitos 1, 2, 3, 4, 9, 11 e 13 mantiveram uma coordenação no modelo de sobreposição em ambos os testes enquanto os sujeitos 6, 7, 8 e 10 mantiveram uma coordenação no modelo de captura tanto em nado livre quanto em nado amarrado. Os sujeitos 5 e 12 apresentaram diferentes modelos de coordenação em cada uma das situações de nado, quando avaliado o IdC1.

Ao analisar o IdC2 pode-se perceber que os sujeitos 11 e 12 apresentaram um modelo de sobreposição em nado livre e nado amarrado, enquanto os sujeitos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 13 mostraram um modelo de coordenação em captura em ambas as situações de nado. O sujeito 1 adotou diferentes modelos de coordenação em cada um dos testes realizados, mantendo uma coordenação em captura durante o nado livre e uma coordenação em sobreposição, com valor médio de IdC2 próximo de zero (0,02 ± 3,91 %), representando o nado em oposição, durante o nado amarrado.

A simetria e/ou assimetria de nado apresentada pelos nadadores durante ambos os testes foi semelhante para a maioria dos atletas com exceção dos sujeitos 7, 8 e 11 que mantiveram nados simétricos, em relação aos valores de IdC, durante o nado livre e nados assimétricos durante o nado amarrado. Todos os demais sujeitos avaliados mantiveram coordenações de nado assimétricas durante o nado livre e durante o nado amarrado.

5.2.1.5 Diferença de tempo entre os picos de força aplicada por braçada (DTFA)

Os valores de DTFA1 e DTFA2 verificados durante o teste de nado amarrado, bem como as comparações realizadas entre DTFA1 e DTFA2, são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores médios e desvios padrão de DTFA1 e DTFA2 apresentados pelos sujeitos da amostra durante o teste de nado amarrado. Médias e desvios-padrão (DP) das variáveis.

Sujeito	DTFA1 (s)	DTFA2 (s)
1	0,71 ± 0,07[a]	0,85 ± 0,09[b]
2	0,53 ± 0,10[a]	0,70 ± 0,13[b]
3	0,61 ± 0,09[a]	0,80 ± 0,07[b]
4	0,71 ± 0,07[a]	0,72 ± 0,07[a]
5	0,82 ± 0,22[a]	0,47 ± 0,15[b]
6	0,59 ± 0,08[a]	0,69 ± 0,08[b]
7	0,82 ± 0,11[a]	0,64 ± 0,08[b]
8	0,62 ± 0,12[a]	0,51 ± 0,07[b]
9	0,78 ± 0,11[a]	0,60 ± 0,11[b]
10	0,51 ± 0,07[a]	0,90 ± 0,14[b]
11	0,62 ± 0,07[a]	0,65 ± 0,11[a]
12	0,62 ± 0,12[a]	0,70 ± 0,15[a]
13	0,53 ± 0,05[a]	0,55 ± 0,08[a]
Média ± DP	0,65 ± 0,15[a]	0,67 ± 0,16[a]

Análise comparativa realizada no sentido horizontal, letras diferentes indicam diferença estatística para $p<0,05$.

A comparação entre os valores de DTFA1 e DTFA2 demonstrou que os sujeitos 4, 11, 12 e 13 não apresentaram diferença entre os valores destas variáveis ao longo do teste. Os sujeitos 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 apresentaram valores de DTFA significativamente diferentes entre cada um dos braços.

5.2.1.6 Correlação entre IdC e DTFA

As correlações entre os valores das variáveis IdC e DTFA apresentadas pelos nadadores da amostra durante a execução do protocolo B, durante o qual nadaram amarrados, são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Correlações entre as variáveis biomecânicas IdC1 e DTFA1 e entre IdC2 r DTFA2 apresentadas por cada sujeito da amostra. Geral representa a correlação ao analisarmos todas as variáveis em conjunto.

Sujeito	IdC1 x DTFA1	IdC2 x DTFA2
1	r = 0,093	r = 0,038
2	ρ = - 0,250	ρ = - 0,441*
3	r = 0,083	ρ = - 0,471*
4	r = 0,058	r = 0,051
5	ρ = - 0,211	r = 0,249
6	ρ = - 0,114	ρ = - 0,289
7	r = 0,106	ρ = 0,293
8	ρ = 0,153	ρ = - 0,027
9	r = - 0,162	ρ = 0,014
10	ρ = 0,098	r = - 0,503*
11	ρ = - 0,269	ρ = 0,011
12	ρ = 0,209	r = 0,153
13	ρ = - 0,034	ρ = 0,389
Geral	ρ = 0,114	ρ = 0,140*

* indica correlação significativa para $\alpha < 0,05$

A análise das correlações entre as variáveis IdC e DTFA apresentadas pelos nadadores da amostra mostra que apenas os sujeitos 2 (ρ = - 0,041; p = 0,040), 3 (ρ = - 0,471; p = 0,031) e 10 (r = 0,503; p = 0,020) apresentaram correlações significativas entre as variáveis IdC2 e DTFA2. Todas as demais correlações testadas neste estudo não apresentaram valores significativos. Ainda analisando os valores de correlação verifica-se grande variação de valores notando-se, inclusive, correlações negativas apresentadas por alguns sujeitos da amostra.

5.2.2 Discussão dos resultados

5.2.2.1 Índice de coordenação (IdC)

Diversos estudos encontrados na literatura, especialmente os oriundos de grupos de pesquisadores franceses, têm utilizado o método proposto por Chollet, Chalies e Chatard (2000) para identificar e quantificar o modelo de coordenação de nado adotado em estilo *crawl*. Na metodologia proposta por estes autores é necessária a divisão de cada braçada

completa em quatro fases distintas (entrada e apoio, puxada, empurrada e recuperação). O presente estudo utilizou metodologia semelhante para determinação e quantificação do índice de coordenação de nado (IdC). No método de obtenção das imagens proposto por Chollet, Chalies e Chatard (2000) foram utilizadas duas câmeras filmadoras posicionadas sob a água, uma capturava imagens de um eixo longitudinal e outra de um eixo transversal. Para obtenção das imagens utilizadas para análises na presente dissertação foram utilizadas duas câmeras filmadoras posicionadas sob a água transversalmente ao plano de deslocamento dos nadadores, posicionamento similar ao utilizado por Seifert, Chollet e Allard (2005).

Lerda e Cardelli (2003) realizaram estudo a respeito das alterações na organização das fases da braçada em estilo *crawl* em função do lado utilizado para respiração, velocidade de nado e nível de desempenho de 36 nadadores. A amostra foi dividida em dois grupos de 18 integrantes classificados como mais e menos experientes (idade média de 21,3 ± 1,4 e 21,3 ± 1,3 anos, respectivamente) de acordo com seu melhor tempo nos 100 m e 800 m nado livre (60,8 ± 2,7 s e 624,5 ± 34,4 s respectivamente para os nadadores considerados experientes e 104,0 ± 5,1 s e 1118,6 ± 45,9 s respectivamente para os menos experientes). Para obtenção das variáveis os sujeitos analisados no estudo de Lerda e Cardelli (2003) realizaram duas baterias compostas de oito repetições de 25 m cada, com partida de dentro da piscina, durante as quais foram instruídos a realizar uma respiração por ciclo de braçadas para o lado de preferência. Na primeira bateria os nadadores deveriam manter uma velocidade (± 2,5 %) correspondente a dos 100 m livres enquanto na segunda bateria foram instruídos a nadar a uma velocidade (± 2,5 %) correspondente a adotada nos 800 m livres. Em repetições com velocidades equivalentes as de 100 m livres, no grupo de nadadores experientes, os autores verificaram valores de IdC de 0,36 ± 3,41 % e -1,74 ± 3,7 % para o lado com e sem respiração respectivamente, enquanto nas repetições com velocidades correspondentes as de 800 m os valores de IdC verificados foram de -1,74 ± 1,9 % e -4,31 ± 3,8 % para os lados com e sem respiração, respectivamente. Os valores de IdC verificados por esses autores parecem não diferir muito dos verificados no presente estudo durante o nado livre (IdC1 = -0,36 ± 7,44 % e IdC2 = -6,94 ± 8,52 %), especialmente considerando-se a magnitude dos desvios-padrão apresentados. Contudo as velocidades de nado dos sujeitos avaliados por Lerda e Cardelli (2003) foram inferiores as adotadas pelos sujeitos deste estudo, fato possivelmente associado às diferenças no protocolo, pois os sujeitos avaliados na presente pesquisa eram instruídos a realizar apenas uma repetição de 50 m na máxima intensidade.

No estudo que teve como principal objetivo descrever uma nova ferramenta para mensurar a coordenação de braçadas no nado *crawl* (IdC), Chollet, Chalies e Chatard (2000)

avaliaram 43 nadadores (homens e mulheres), divididos em três grupos de acordo com seus tempos nos 50 m, 100 m e 800 m, em três repetições de 50 m realizados sem respiração, nadados em estilo *crawl*, com velocidades correspondentes as das distâncias supracitadas. Os nadadores dos Grupos 1 e 2 (atletas com características de idade, massa, estatura e desempenho semelhantes aos da amostra do presente estudo) apresentaram, para repetição com velocidade semelhante a dos 50 m, valores de IdC de 2,53 ± 4,4 % e -1,6 ± 5,7 % respectivamente, o que indica uma coordenação no modelo de sobreposição adotada pelos atletas do Grupo 1 e captura adotada pelos atletas do Grupo 2. Diferentemente dos dados verificados pelos autores, o presente estudo averiguou, em média, um valor de IdC de -3,59 ± 8,63 %, o que indica um modelo de coordenação do tipo captura adotado pelos atletas, até mesmo mais acentuado que o verificado nos atletas o Grupo 2. A velocidade de nado observada por Chollet, Chalies e Chatard (2000) durante a repetição com velocidade equivalente a de 50 m foi de 1,81 ± 0,1 $m.s^{-1}$ e 1,75 ± 0,1 $m.s^{-1}$ para atletas dos grupos 1 e 2 respectivamente. De forma similar, os atletas avaliados durante a presente pesquisa apresentaram velocidade média de 1,85 ± 0,1 $m.s^{-1}$ durante a execução do protocolo A.

Seifert, Chollet e Bardy (2004) investigaram as alterações de parâmetros biomecânicos selecionados do estilo *crawl* com o aumento da velocidade de nado em 14 nadadores franceses de nível nacional e internacional. Os estudiosos investigaram as variáveis VM, FB, CB, IdC, razão entre FB e CB e duração de cada uma das quatro fases da braçada (CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000), além de realizarem análises das fases propulsivas e não propulsivas. Foram realizadas oito repetições progressivas de 25 m com velocidades equivalentes as de 3000 m, 1500 m, 800 m, 400 m, 200 m, 100 m, 50 m e máxima velocidade. Em relação à coordenação de nado os autores verificaram, assim como descrito por Chollet, Chalies e Chatard (2000), um aumento no IdC (de -10,5 ± 5,3 % até 2,6 ± 6,1 %) e conseguinte alteração do modelo de coordenação de nado de captura para sobreposição. O IdC identificado nas repetições com velocidades de deslocamento próximas as verificadas pelos sujeitos avaliados neste estudo (1,85 ± 0,1 $m.s^{-1}$) apresentou valores mais elevados dos que os aqui apresentados (-3,59 ± 8,63 %). Os valores de IdC para as repetições com velocidades equivalentes as de 100 m (1,8 ± 0,06 $m.s^{-1}$), 50 m (1,85 ± 0,06 $m.s^{-1}$) e máxima velocidade (1,93 ± 0,1 $m.s^{-1}$) foram, respectivamente, de: -1,0 ± 4,5 %, 1,1 ± 6,0 % e 2,6 ± 6,1 %. Considerando os elevados valores dos desvios-padrão encontrados no estudo de Seifert, Chollet e Bardy (2004) e no presente estudo, pode-se considerar que existiu uma proximidade entre os valores de IdC verificados em ambos os estudos, contudo é importante ressaltar que, assim como verificado por Chollet, Chalies e Chatard (2000), o modelo de

coordenação em sobreposição em maior grau foi adotado nas altas intensidades de nado, fato que não foi verificado na presente investigação, onde mesmo executando uma repetição máxima os nadadores mantiveram uma coordenação no modelo de captura.

Seifert et al. (2005) avaliaram 12 nadadores franceses de elite durante uma repetição máxima de 100 m no estilo *crawl*. Os autores analisaram, entre outras variáveis, o comportamento do IdC a cada parcial de 25 m. O valor médio de IdC, para os 100 m, verificado pelos pesquisadores foi de 3,8 ± 3,8 % o que indicou uma técnica correspondente à sobreposição, contudo os autores indicam que o valor do desvio padrão sugere que alguns atletas possivelmente adotaram uma técnica no modelo de oposição. O valor de IdC de -3,59 ± 8,63 verificado no presente estudo sugere que uma técnica no modelo de captura foi adotado pelos atletas, resultado que difere do apresentado por Seifert et al. (2005). Contudo a análise do desvio padrão pode indicar que alguns atletas realizaram uma técnica mais próxima da oposição, como sugerido por Seifert et al. (2005), que avaliou atletas com desempenho nos 100 m superior (88,5 ± 5,3 % do recorde mundial), em média, aos dos atletas deste estudo.

Em estudo que teve o objetivo de avaliar os efeitos da respiração na simetria do nado *crawl*, Seifert, Chollet e Allard (2005) analisaram parâmetros biomecânicos selecionados de 28 nadadores franceses. Os sujeitos foram divididos em três grupos de acordo com seu desempenho em um teste de 100 m nadados em máxima intensidade. Os pesquisadores verificaram valores médios de IdC de 3,8 ± 3,8 %, para o grupo de nadadores mais rápidos (90,1 ± 4,2 % do tempo do recorde mundial de 100 m livres), e 1,4 ± 4,2 %, para o grupo de nadadores com desempenho intermediário (79,6 ± 1,6 % do tempo do recorde mundial de 100 m livres). Diferentemente do que foi verificado nos nadadores avaliados no presente estudo, onde se verificou uma coordenação no modelo de captura, Seifert, Chollet e Allard (2005) averiguaram, em ambos os grupos analisados, valores médios de IdC que indicaram uma coordenação no modelo de sobreposição. Ainda em relação aos resultados de IdC dos dois grupos de nadadores considerados experientes e intermediários Seifert, Chollet e Allard (2005) não apresentam separadamente, em seu estudo, os valores de IdC1 e IdC2, mas apenas em função de variáveis intervenientes como lado de respiração e dominância lateral. Ainda assim foi possível perceber, no grupo de nadadores de nível intermediário, com desempenho semelhante ao dos atletas avaliados no presente estudo, uma coordenação no modelo de sobreposição adotada pela maior parte dos atletas. As exceções foram percebidas no IdC2 dos atletas que realizaram movimentos de respiração para o lado direito (-0,2 %) e no IdC1 dos nadadores com dominância lateral esquerda (-3,38 %). No presente estudo os valores de IdC1 (-0,36 ± 7,44 %) e IdC2 (-6,94 ± 8,52 %), apesar de apontarem um modelo de captura

indicam que alguns atletas possivelmente adotaram modelos de oposição e, especialmente para IdC1, modelos de sobreposição durante os 50 m *crawl*.

Seifert, Chollet e Chatard (2007) investigaram alterações em parâmetros cinemáticos do nado (VM, CB, FB e IdC) ao longo de uma repetição de 100 m em estilo *crawl*. Para tanto, 36 nadadores divididos em quatro grupos de acordo com o sexo e o desempenho, foram analisados a cada 25 m do teste. O Grupo 1 um foi composto pelos 12 nadadores, homens, mais velozes (88,4 ± 5,2 % do recorde mundial dos 100 m nado livre), do Grupo 2 fizeram parte oito atletas, homens, cujo desempenho médio foi de 79,3 ± 1,7 % do recorde mundial dos 100 m livres, o Grupo 3 foi composto por oito nadadores, homens, universitários (69,6 ± 3,1 % do recorde mundial dos 100 m nado livre) e o Grupo 4 foi composto por oito nadadoras de elite (84,4 ± 2,6 % do recorde mundial dos 100 m livres). Os valores de VM e IdC, respectivamente, verificados por Seifert, Chollet e Chatard (2007), para os atletas que compuseram o Grupo 1 de seu estudo, em cada uma das quatro parciais do teste de 100 m, foram: primeira parcial: 2,11 ± 0,61 m.s $^{-1}$, 5,23 ± 3,43 %; segunda parcial: 1,87 ± 0,4 m.s^{-1}, 2,67 ± 3,96 %; terceira parcial: 1,8 ± 0,49 m.s^{-1}, 3,85 ± 3,65 % e quarta parcial: 1,77 ± 0,36 m.s^{-1}, 3,76 ± 3,69 %. Apesar do comportamento do IdC ao longo das parciais de 25 m indicarem uma alteração da coordenação de nado de um modelo de sobreposição para um modelo mais próximo da oposição ainda verifica-se valores mais elevados dos que os atingidos no presente estudo, no qual uma coordenação no modelo de captura foi adotada pelos nadadores. Os atletas do Grupo 2 avaliados por Seifert, Chollet e Chatard (2007) apresentaram desempenho médio mais próximo ao atingido pelos nadadores avaliados no presente estudo e tiveram o comportamento de suas variáveis VM e IdC, para cada uma das quatro parciais do teste de 100 m, descrito: primeira parcial: 1,94 ± 0,58 m.s^{-1}, 0,27 ± 0,12 %; segunda parcial: 1,71 ± 0,35 m.s^{-1}, -0,12 ± 3,97 %; terceira parcial: 1,66 ± 0,45 m.s^{-1}, 0,84 ± 4,83 % e quarta parcial: 1,59 ± 0,3 m.s^{-1}, 2,78 ± 4,56 %. Os valores de IdC verificados no Grupo 2 indicam modelos de coordenação mais próximos da oposição, em relação ao modelo de coordenação adotado pelos nadadores do Grupo 1. A análise dos valores dos desvios padrão indica, também, que atletas adotaram coordenações do tipo captura ao longo do teste de 100 m, mesmo modelo de coordenação adotado, em média, pelos nadadores do presente estudo, indicando que nadadores de nível técnico semelhante tendem a adotar modelos de coordenação similares.

Os valor médio de IdC verificado nos sujeitos avaliados neste estudo foi de -3,59 ± 8,63 %, indicando uma coordenação no modelo de captura. Esses dados corroboram os achados de Schnitzler et al. (2008). Os estudiosos buscaram investigar as relações entre

alterações na coordenação de nado (IdC), variações intracíclicas de velocidade (IVV) e velocidade média de nado (VM) em função do sexo de 12 nadadores franceses (seis homens e seis mulheres) de elite (melhor marca pessoal correspondente a 91,6 ± 2,9 % e 92,9 ± 2,9 % do recorde mundial dos 100 m livres para homens e mulheres, respectivamente). Além de IdC, VM e IVV foram mensuradas as FB,CB e as durações relativas de cada uma das quatro fases da braçada do nado *crawl*. No grupo dos homens, após cinco repetições de 25 m nadadas em intensidades correspondentes as de 3000 m (VM = 1,27 ± 0,12 $m.s^{-1}$), 400 m (VM = 1,64 ± 0,13 $m.s^{-1}$), 200 m (VM = 1,66 ± 0,12 $m.s^{-1}$), 100 m (VM = 1,76 ± 0,07 $m.s^{-1}$) e 50 m (VM = 1,78 ± 0,08 $m.s^{-1}$), os autores verificaram valores de IdC de -9,5 ± 4,5 %, -6,8 ± 0,3 %, -6,1 ± 3,3 %, -5,4 ± 3,4 % e -2,7 ± 0,8 %, respectivamente para cada uma das repetições. Tal qual os sujeitos deste estudo os avaliados por Schnitzler et al. (2008) mantiveram, em média, uma coordenação no modelo de captura, mesmo nas altas velocidades de nado, dados que contrariam os achados da literatura pesquisada até o momento.

O grande número de estudos encontrados na literatura que apontam uma transição de um modelo de coordenação em captura para um modelo de oposição e, em seguida, de sobreposição, conforme o aumento da velocidade de nado e o nível técnico dos nadadores apresentam resultados que vão de encontro aos achados da presente pesquisa. Entretanto o método subjetivo de determinação das quatro fases da braçada (CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000) pode apresentar sensíveis diferenças na mensuração da duração total de cada uma delas. Analisadores com diferentes níveis de experiência podem conferir diferentes durações a cada uma das fases da braçada, em especial a fase de apoio (SEIFERT et al., 2006). Considerando que as pesquisas analisadas durante a elaboração desta dissertação, que se utilizaram do IdC para mensuração da coordenação de nado, são oriundas, em sua totalidade, de grupos de pesquisa franceses e, assim sendo, possivelmente foram treinados para realização destas análises sob um mesmo método, pode-se esperar que as diferenças de IdC entre os dados da literatura e os do presente estudo tenham sofrido influência do método de análise.

5.2.2.2 Freqüência média de braçadas (FB)

Diversos estudos encontrados na literatura têm investigado a FB de atletas de diferentes níveis técnicos em diferentes distâncias e velocidades de nado.

Craig e Pendergast (1979) investigaram as relações entre FB, CB e VM apresentadas pelos nadadores participantes das seletivas norte-americanas para as olimpíadas de 1976. Para

nadadores do estilo *crawl*, com VM próximas as verificadas durante a execução do protocolo A deste estudo (1,85 ± 0,1 $m.s^{-1}$), os autores encontraram FB de 0,95 ± 0,01 $ciclos.s^{-1}$ (VM = 1,92 $m.s^{-1}$) e 0,76 ± 0,01 $ciclos.s^{-1}$ (VM = 1,75 ± 0,1 $m.s^{-1}$). Investigações nos mesmos moldes realizadas durante as seletivas para as olimpíadas de 1984 indicaram que, durante a fase preliminar, nos 100 m nado livre, os atletas mantiveram uma VM de 1,899 ± 0,003 $m.s^{-1}$ e uma FB de 0,91 ± 0,01 $ciclos.s^{-1}$, e durante os 200 m nado livre os atletas mantiveram uma VM de 1,737 ± 0,003 $m.s^{-1}$ e uma FB de 0,78 ± 0,01 $ciclos.s^{-1}$ (CRAIG et al., 1985). Os valores verificados nos estudos de Craig e seus colaboradores parecem estar em linha com os verificados no presente estudo que variaram de 0,76 ± 0,1 $ciclos.s^{-1}$ (FBfinA) a 0,95 ± 0,08 $ciclos.s^{-1}$ (FBiniL).

Caputo et al. (2000) investigaram as características da braçada de 16 sujeitos e suas relações com o desempenho em diferentes distâncias no estilo *crawl*. Ao realizarem uma repetição de 50 m nadados em máxima intensidade os atletas investigados por Caputo et al. (2000) atingiram uma VM de 1,81 ± 0,14 $m.s^{-1}$ e uma FB de 0,95 ± 0,07 $ciclos.s^{-1}$. Chollet, Chalies e Chatard (2000) investigaram as fases da braçada e a coordenação entre braços e pernas em função da velocidade de nado e do nível técnico dos atletas. Os estudiosos verificaram, no grupo de atletas de elite, nadando a uma velocidade equivalente a dos 50 m livres (1,81 ± 0,1 $m.s^{-1}$), valores de FB de 0,90 ± 0,06 $ciclos.s^{-1}$. Castro, Moré e Kruel (2003) verificaram, durante os 50 m nado livre em competição uma VM de 1,85 ± 0,11 $m.s^{-1}$ e uma FB de 0,90 ± 0,07 $ciclos.s^{-1}$ para nadadores do sexo masculino. Seifert, Chollet e Bardy (2004), em teste que consistiu de oito repetições de 25 m com velocidades progressivas, verificaram, para uma VM de 1,85 ± 0,06 $m.s^{-1}$, uma FB de 0,83 ± 0,06 $ciclos.s^{-1}$. Adotando metodologia de estudo semelhante, porém submetendo os atletas a cinco repetições progressivas de 25 m, Schnitzler et al. (2008) averiguaram, para uma VM de 1,78 ± 0,08 $m.s^{-1}$, uma FB de 0,79 ± 0,02 $ciclos.s^{-1}$. Os achados do presente estudo parecem corroborar os valores de FB verificados por diversos estudos ao longo das últimas três décadas, o que indica que o nível técnico e a metodologia aplicada no presente estudo para investigação desta variável foi adequada.

Alguns estudos investigaram o comportamento da FB ao longo de provas específicas da natação. Vilas-Boas et al. (2001), ao investigarem os efeitos da fadiga na técnica do nado *crawl* durante a prova dos 200 m livres, não encontraram diferenças significativas nos valores de freqüência gestual entre a primeira e a última etapas da prova, tanto para o braço direito (0,91 ± 0,08 $ciclos.s^{-1}$ e 0,92 ± 0,08 $ciclos.s^{-1}$) quanto para o braço esquerdo (0,92 ± 0,03

ciclos.s^{-1} e 0,88 ± 0,1 ciclos.s^{-1}), apesar de terem verificado uma significativa diminuição da VM ao longo dos 200 m.

Seifert, Chollet e Allard (2005) investigaram a simetria da coordenação de nado e os efeitos da respiração em uma repetição máxima de 100 m. Os autores perceberam significativas diminuições nos valores de FB ao longo dos 100 m *crawl* em todos os grupos de nadadores avaliados. No grupo de nadadores de elite (VM = 1,71 ± 0,16 m.s^{-1}) os valores de FB, para cada parcial de 25 m foram, respectivamente, de 0,86 ± 0,04 ciclos.s^{-1}, 0,78 ± 0,03 ciclos.s^{-1}, 0,74 ± 0,04 ciclos.s^{-1} e 0,72 ± 0,04 ciclos.s^{-1}. No grupo de nadadores com desempenho intermediário (VM = 1,54 ± 0,15 m.s^{-1}) os valores de FB, para cada parcial de 25 m forma, respectivamente, de 0,83 ± 0,05 ciclos.s^{-1}, 0,79 ± 0,04 ciclos.s^{-1}, 0,76 ± 0,05 ciclos.s^{-1} e 0,74 ± 0,05 ciclos.s^{-1}.

Seifert, Chollet e Chatard (2007) investigaram os efeitos do gênero e do nível de desempenho sobre as mudanças na cinemática dos 100 m estilo *crawl*. Todos os grupos de nadadores investigados pelos estudiosos apresentaram diminuição nos valores de FB e VM ao longo da repetição máxima de 100 m. O grupo de nadadores de elite (VM = 1,89 ± 0,49 m.s^{-1}) apresentou os seguintes valores de FB: 0,86 ± 0,05 ciclos.s^{-1}, 0,78 ± 0,04 ciclos.s^{-1}, 0,74 ± 0,05 ciclos.s^{-1} e 0,73 ± 0,04 ciclos.s^{-1}, respectivamente para cada uma das quatro parciais de 25 m. O grupo de nadadores classificados como intermediários (VM = 1,73 ± 0,45 m.s^{-1}) apresentou os seguintes valores de FB, respectivamente para cada parcial de 25 m: 0,84 ± 0,05 ciclos.s^{-1}, 0,79 ± 0,05 ciclos.s^{-1}, 0,76 ± 0,05 ciclos.s^{-1} e 0,74 ± 0,05 ciclos.s^{-1}.

Castro (2007), em investigação que buscou quantificar a importância de variáveis selecionadas na composição do desempenho na prova de 200 m nado livre, verificou valores de FB, em teste de 30 s em nado amarrado, de 0,73 ± 0,07 ciclos.s^{-1}.

Na presente investigação verificou-se uma significativa diminuição nos valores de FB apresentados na primeira e na segunda metade de ambos os testes de nado livre e amarrado (FBiniL = 0,95 ± 0,08 ciclos.s^{-1}, FBfinL = 0,88 ± 0,08 ciclos.s^{-1}, FBiniA = 0,79 ± 0,09 ciclos.s^{-1}, FBfinA = 0,76 ± 0,1 ciclos.s^{-1}), o que está de acordo com as informações reportadas na literatura pesquisada, apesar de nenhum estudo avaliado apresentar análises de diferenças das FB apresentadas ao longo de provas de 50 m.

5.2.2.3 Simetria de nado

Seifert, Chollet e Allard (2005) investigaram os efeitos da dominância lateral e dos movimentos de respiração na simetria da coordenação do nado crawl em 28 nadadores

franceses de diferentes níveis técnicos (nadadores de elite, nadadores de nível regional e nadadores de nível universitário). Para tanto os autores realizaram análises comparativas entre os valores de IdC1 e IdC2 conforme o lado de preferência para respiração, dominância lateral e efetiva execução do movimento de respiração lateral. Seifert, Chollet e Allard (2005) constataram significativas diferenças entre os valores médios de IdC1 e IdC2 no grupo de nadadores que respiraram para o lado direito (IdC1 = 4,05 ± 6,3 %, IdC2 = -0,18 ± 5,5 %) e no grupo de nadadores que adotaram a respiração para o lado esquerdo (IdC1 = 0,6 ± 5,1 %, IdC2 = 4,85 ± 5,1 %), mas não identificaram diferenças no grupo de nadadores que executou respiração bilateral (IdC1 = -2,75 ± 5,0 %, IdC2 = -2,52 ± 4,6 %), os resultados das comparações foram semelhantes para atletas de todos os níveis técnicos. Quando realizaram comparações entre os valores de IdC1 e IdC2 em função da dominância lateral os autores verificaram, independentemente do nível técnico dos nadadores, que houve significativa diferença entre os valores de IdC nos grupos com dominância lateral direita (IdC1 = 2,98 ± 5,9 %, IdC2 = 1,05 ± 5,1 %) e dominância lateral esquerda (IdC1 = 0,28 ± 6,6 %, IdC2 = 2,35 ± 7,5 %), contudo não verificaram diferenças entre nos valores de IdC dos nadadores ambidestros (IdC1 = -0,35 ± 3,0 %, IdC2 = -1,26 ± 3,3 %). Ao examinar os efeitos agudos do movimento de respiração lateral no IdC os estudiosos encontraram, em média, para todos os grupos de atletas, significativas diferenças entre valores de IdC quando comparadas situações com e sem movimentos de respiração. Significativos menores valores de IdC1 e IdC2 foram verificados nas braçadas onde os atletas realizavam movimentos de respiração (IdC1 = 1,3 ± 4,7 %, IdC2 = 0,0 ± 6,3 %) em comparação às braçadas sem movimentos de respiração (IdC1 = 2,39 ± 6,6 %, IdC2 = 2,78 ± 5,1 %). Contudo os pesquisadores ressaltam que, ao realizar as análises separadamente para nadadores dos diferentes níveis técnicos, apenas os atletas de nível regional e universitário apresentaram diferenças entre os IdC com e sem respiração.

Em relação aos achados do presente estudo verificou-se uma significativa diferença entre os valores de IdC1 e IdC2 na maioria dos atletas analisados em ambas as situações de nado livre e amarrado (as exceções foram os sujeitos 7, 8 e 11 durante o nado livre). Não foram controlados os movimentos de respiração, a dominância lateral e o lado de preferência para respiração nos sujeitos avaliados no presente estudo. Contudo os resultados corroboram os achados de Seifert, Chollet e Allard (2005) no que diz respeito às assimetrias apresentadas durante natação em máxima intensidade. No presente estudo seis nadadores adotaram, apesar das diferenças entre IdC1 e IdC2, modelos de coordenação semelhantes durante o nado livre e sete nadadores adotaram modelos de coordenação semelhantes durante o nado amarrado, apesar das significativas diferenças entre os valores nominais de IdC1 e IdC2. No estudo de

Seifert, Chollet e Allard (2005) em nove das 14 comparações realizadas entre IdC1 e IdC2 os atletas mantiveram um modelo de coordenação semelhante para ambos os braços apesar das significativas diferenças nominais percebidas nos valores de IdC.

Aujouannet, Rouard e Bonifazi (2006) avaliaram os efeitos da fadiga sobre a simetria das mãos durante o nado crawl em oito nadadores de nível internacional. Os sujeitos foram submetidos a duas repetições máximas de 25 m em nado semi-atado, uma antes e outra após quatro repetições de 50 m livres em máxima velocidade. Por meio da digitalização quadro a quadro das imagens obtidas em filmagem subaquática os estudiosos perceberam que os nadadores mantiveram uma simetria em relação à trajetória de ambas as mãos nas duas repetições de 25 m, indicando que a fadiga não afetou a simetria espacial das braçadas no nado crawl. Já em relação à simetria temporal, os pesquisadores perceberam significativas assimetrias entre as braçadas esquerda e direita, nos pré e pós-teste, quando analisaram as durações e tempo de ocorrência de cada fase das braçadas. Aujouannet, Rouard e Bonifazi (2006) concluíram que as assimetrias temporais das braçadas dos nadadores de elite refletem um padrão individual intracíclico de força-tempo e não estão relacionados à dominância lateral ou ao lado de respiração dos atletas.

Moré, Castro e Kruel (2007) investigaram 14 nadadores de nível regional a fim de verificar se o equilíbrio de nado identificado por meio das comparações entre DTFA1 e DTFA2 correspondia ao equilíbrio de nado identificado subjetivamente pelos treinadores. Os autores identificaram significativas diferenças entre os valores de DTFA1 e DTFA2 em oito dos sujeitos avaliados. No presente estudo foram encontradas significativas diferenças entre os valores de DTFA1 e DTFA2 em nove dos 13 nadadores avaliados, resultados que corroboram os anteriormente descritos por Moré, Castro e Kruel (2007).

Ainda durante o nado amarrado Moré, Carpes e Castro (2007) verificaram significativas diferenças nos valores médios de pico de força por braçada ao compararem braçadas esquerdas e direitas. Os investigadores avaliaram dez atletas de nível intermediário e concluíram que as assimetrias nos valores de pico de força por braçada não estavam relacionadas aos movimentos de respiração lateral executados durante o teste de 30 s em nado amarrado. Achados similares aos de Aujouannet, Rouard e Bonifazi (2006).

Semelhante aos achados da literatura investigada os nadadores avaliados na presente pesquisa apresentaram assimetrias nos valores de IdC1 e IdC2 durante o teste de nado amarrado, bem como significativas diferenças entre os valores de DTFA1 e DTFA2. Não foram investigadas, contudo, as assimetrias nos valores de pico de força. Todavia os resultados parecem coerentes se comparados aos estudos anteriormente realizados, pois

assimetrias nos valores de pico de força por braçada podem ser causadas, se não houver alteração na trajetória dos segmentos, por alterações no tempo de duração de cada uma das fases reconhecidas da braçada independentemente da realização dos movimentos de respiração lateral.

5.2.2.4 Nado livre x nado amarrado

Castro (2007) ao investigar os determinantes do desempenho na prova de 200 m nado livre analisou, entre outras variáveis selecionadas, a FB de 14 nadadores de nível nacional e regional durante uma repetição máxima de 200 m em estilo crawl e durante um teste de 35 s nadados em máxima intensidade em nado amarrado. A FB em ambos os testes foi medida por meio do método de videogrametria. O valor de FB em nado livre (0,69 ± 0,07 ciclos.s^{-1}) foi inferior ao valor de FB em nado amarrado (0,73 ± 0,07 ciclos.s^{-1}). Os resultados apresentados por Castro (2008) contrariam os achados do presente estudo que verificou significativas maiores FB durante o nado livre (FBiniL = 0,95 ± 0,08 ciclos.s^{-1}, FBfinL = 0,88 ± 0,08 ciclos.s^{-1}) em ralação ao nado amarrado (FBiniA = 0,79 ± 0,09 ciclos.s^{-1}, FBfinL = 0,76 ± 0,10 ciclos.s^{-1}). Contudo a diferença no comportamento da variável FB em nado livre e nado amarrado verificada por Castro (2008) pode ser justificada pela duração total de cada um de seus protocolos em nado livre e amarrado para obtenção destas variáveis. Enquanto a duração total média do teste de nado livre foi de 130,2 ± 2,82 s, a duração total do teste de nado amarrado foi de 35 s.

Maglischo et al. (1984) investigaram as características mecânicas da braçada do nado crawl durante teste de nado livre e nado semi-atado. Foram realizadas análises das fases subaquáticas das braçadas através do método de videogrametria, com uma câmera filmadora posicionada no plano frontal do nadador e outra posicionada no plano sagital do movimento realizado pelo nadador. Durante a execução dos protocolos os nadadores tiveram pontos anatômicos marcados por fitas reflexivas que, posteriormente, foram utilizados para digitalização das braçadas direitas. Maglischo et al. (1984) verificaram que a maioria dos sujeitos analisados apresentaram diferenças nos padrões de braçada adotados em nado livre e nado semi-atado. Diferenças no tempo despendido em cada uma das fases subaquáticas da braçada e diferenças espaciais nas fases de varredura para dentro e varredura para fora foram algumas das principais alterações percebidas pelos estudiosos. Todos os indivíduos analisados despenderam mais tempo na fase subaquática da braçada em nado semi-atado em relação ao nado livre (1,04 s e 0,95 s em média, respectivamente). Em média durante o nado livre os

nadadores apresentaram 0,9 s a menos na fase de varredura para baixo e 0,7 s a mais na fase de varredura para cima. Os autores também perceberam que o movimento de pernas foi realizado a uma profundidade maior quando os atletas realizavam o nado semi-atado. Após a análise dos resultados os autores concluíram que o nado semi-atado é um método questionável para avaliação e treinamento de nadadores, pois, provavelmente, o uso repetitivo desta técnica pode causar prejuízos ao desempenho dos atletas no nado livre.

No presente estudo a análise dos valores médios de IdC apresentados em nado livre (-3,59 ± 8,63 %) e nado amarrado (0,59 ± 7,92 %) mostrou que, durante o nado livre, os atletas apresentam menores valores de IdC e adotam uma coordenação no modelo de captura enquanto no nado amarrado os maiores valores de IdC indicam uma coordenação no modelo de oposição/sobreposição. As análises comparativas entre os valores de IdC1 em nado livre e amarrado e IdC2 em ambas as situações de nado demonstram que apenas quatro dos 13 sujeitos avaliados mantiveram semelhante coordenação, para ambos os braços, nas duas situações, informação que corrobora os achados de Maglischo et al. (1984). Contudo, ao avaliar o modelo de coordenação adotado pelos nadadores durante a execução de ambos os protocolos percebe-se que a maioria destes manteve o padrão adotado nos dois testes. Considerando-se a escassez de estudos acerca deste tema na literatura investigada até o momento, estudos com amostras de diferentes níveis técnicos assim como testes com diferentes durações e intensidades ou mesmo testes com indução da fadiga são necessários para que se explique com mais precisão as efetivas diferenças na técnica de nado em situações de deslocamento e nado amarrado.

5.2.2.5 Diferença de tempo entre os picos de força aplicada por braçada (DTFA)

Moré (2005) avaliou um grupo de atletas composto por sete nadadores e cinco triatletas (idade média de 22,5 ± 5 anos) na tentativa de estabelecer as relações entre variáveis cinemáticas, cinéticas e desempenho durante natação em estilo crawl. Dentre outros objetivos o autor buscava verificar a DTFA nos dois grupos do estudo, compará-las e correlacioná-las com o desempenho. Os sujeitos foram submetidos a um teste de 30 s em nado amarrado na máxima intensidade. No estudo de Moré (2005) a DTFA foi identificada subtraindo-se o valor médio do tempo decorrido entre o pico de força do braço esquerdo e o pico de força do braço direito e o valor médio do tempo decorrido entre o pico de força do braço direito e o pico de força do braço esquerdo. O autor verificou que a DTFA apresentada por nadadores e triatletas não apresentou diferença significativa, entretanto ressalta que os nadadores apresentaram

menores valores nominais de DTFA que os triatletas. Segundo o autor, considerando que nadadores tem melhor técnica de nado do que triatletas, seria esperado uma menor diferença em DTFA neste grupo de atletas, o que indica que esta poderia ser usada como parâmetro para avaliação da técnica.

No presente estudo não foi mensurada a DTFA conforme metodologia descrita por Moré (2005) mas apenas as DTFA1 e DTFA2. De acordo com estudos da literatura que analisaram as durações das fases da braçada (LERDA e CARDELLI, 2003; SEIFERT, CHOLLET e BARDY, 2004; SEIFERT et al., 2005; TELLA et al., 2006; SCHNITZLER et al., 2006; SEIFERT, CHOLLET e CHATARD, 2007; SCHNITZLER et al., 2008) percebe-se que as relações entre cada uma das fases reconhecidas da braçada, intra e inter os ciclos, desempenha um papel mais importante na composição do desempenho do que a propria simetria entre o tempo de aplicação dos picos de força em cada uma das braçadas direita e esquerda. Valores de DTFA podem permanecer constantes mesmo com alterações nas combinações das quatro fases da braçada, desta forma a DTFA parece ser uma ferramenta adequada para medição da simetria entre picos de força, mas tão somente isso.

Moré, Castro e Kruel (2007) avaliaram um grupo de nadadores de nível regional em um teste máximo de 30 s em nado amarrado com dois principais objetivos: (1) verificar se existiu alteração na DTFA dos nadadores ao longo do teste de 30 s e (2) verificar se a análise do equilíbrio de nado obtida por meio da comparação entre DTFA1 e DTFA2 correspondeu a classificação de equilíbrio de nado atribuida aos atletas, subjetivamente, por seus treinadores. Os valores de DTFA apresentados ao longo do teste de 30 s não apresentaram diferenças significativas entre si indicando que a fadiga não afetou o equilíbrio de nado determinado por esta metodologia. Os pesquisadores não verificaram correlação entre o equilíbrio de nado determinado pelo método de DTFA e pela opinião dos treinadores e concluiram que a DTFA não é uma medida eficaz para quantificar a simetria de parâmetros espaço temporais de nado dos atletas. No estudo de Moré, Castro e Kruel (2007) não são apresentados os valores das DTFA1 e DTFA2, impossibilitando comparações com os resultados destas variáveis obtidos no presente estudo.

5.2.2.6 Correlação entre IdC e DTFA

Poucos são os estudos encontrados na literatura que avaliaram a variável DTFA. Por ser uma medida de fácil obtenção durante rápidas seções de avaliação que podem ser inseridas

no período normal de treinamento é fundamental ter clareza entre as correlações desta com as demais variáveis biomecânicas utilizadas na avaliação da técnica do nado crawl.

Moré (2005) realizou um estudo onde foram avaliados nadadores e triatletas na tentativa de estabelecer relações entre parâmetros cinemáticos e cinéticos selecionados com o desempenho. O autor, durante teste máximo com duração de 30 s em nado amarrado e teste máximo de 50 m livres, determinou valores das seguintes variáveis: média dos picos de força aplicada por braçada (FA), VN, FB, CB, DTFA, índice de nado (IN) e desempenho. Dentre os principais achados da investigação realizada por Moré (2005) estão a significativa correlação entre FA e o desempenho e a inexistência de correlações significativas entre as variáveis FA e IN, FA e DTFA, IN e DTFA. O autor concluiu que a participação da DTFA na composição do desempenho não foi clara, pois não foram encontradas correlações entre DTFA e demais variáveis cinéticas e cinemáticas selecionadas do nado crawl.

Assumindo-se que os picos de força produzida por braçada aconteçam, em relação a parâmetros espaço-temporais, em fases semelhantes da braçada, para os dois braços, ao longo de um período, seja nadando em intensidades máximas ou submáximas, seria esperado que as variáveis IdC1 e DTFA1 e IdC2 e DTFA2 apresentassem correlação positiva ao longo do teste de nado amarrado. Os resultados do presente estudo demonstram que apenas dois, dos 13 sujeitos avaliados, apresentaram correlações satisfatórias entre os valores de IdC e DTFA, ainda assim essas correlações foram verificadas apenas entre IdC2 e DTFA2. Os resultados apontam para uma complexa relação temporal de organização das fases da braçada para formação da coordenação de nado adotada por cada atleta. A inexistência de correlações satisfatórias entre as variáveis apontou para indícios de que o pico de força não ocorre em fases similares das braçadas direita e esquerda. Contudo, investigações que analisaram a organização das fases da braçada em diferentes intensidades de nado e nível técnico dos atletas demonstraram alterações diferentes para cada grupo e velocidade de nado (SEIFERT, CHOLLET e BARDY, 2004; SEIFERT et al., 2005; SEIFERT, CHOLLET e CHATARD, 2007; SCHNITZLER et al., 2008).

6 CONCLUSÕES

Configurou-se como objetivo geral deste estudo comparar resultados de análises da simetria e da coordenação do nado *crawl* obtidos por cinemetria (IdC) e dinamometria (DTFA) em nado livre e nado amarrado. Para tanto foram mensuradas variáveis cinéticas e cinemáticas selecionadas, possibilitando a determinação dos modelos de coordenação adotados e suas interações com outros fatores determinantes da técnica de nado.

Os achados deste estudo indicam que: (1) durante os 50 m nado livre executados em máxima velocidade, os nadadores apresentaram, em média, uma coordenação no modelo de captura, resultado que contraria a maior parte dos dados apresentados na literatura pesquisada; (2) durante o nado amarrado os nadadores avaliados apresentaram uma coordenação no modelo de sobreposição, contudo os valores do índice de coordenação de nado indicam uma coordenação muito próxima ao modelo de oposição; (3) o índice de coordenação de nado e a freqüência média de braçadas medidas durante o nado livre foram diferentes das medidas durante o nado amarrado, indicando significativas alterações da técnica usualmente adotada pelos nadadores em nado livre ao executar o nado amarado; (4) a maioria dos nadadores avaliados manteve uma coordenação de nado considerada assimétrica durante o nado livre, as assimetrias foram mantidas durante a execução do nado amarado e (5) a DTFA não se configurou como um parâmetro aceitável para determinação das simetrias e do modelo de coordenação de nado adotados durante o nado livre.

Com base nos resultados dessa investigação pode-se concluir que a avaliação e treinamento dos atletas com a utilização do método de nado amarado para análise das variáveis aqui discutidas não apresenta evidências que suportem sua aplicação. As significativas diferenças na técnica de nado nas diferentes situações (livre e amarado) demonstraram que esta metodologia não reproduz a técnica adotada pelos nadadores durante situações normais de treino e competição, não sendo totalmente úteis aos objetivos competitivos de atletas de elite e/ou amadores. O exagerado tempo de treinamento dedicado a este método poderia gerar alterações na técnica que não seriam adequadas ao nado livre. Contudo o nado amarrado é, ainda hoje, o método de avaliação da força aplicada pelo nadador em cada braçada executada mais eficiente, sendo recomendada sua aplicação apenas para avaliação desta variável.

O modelo de coordenação de nado adotado pelos atletas do presente estudo indica que sucessivos períodos sem a geração de propulsão foram adotados pela maioria dos avaliados. Assimetrias verificadas entre a os modelos de coordenação adotados por cada um dos braços

demonstram que os atletas geram descontínuas ações propulsivas em maior e menor grau por cada um dos braços. Um trabalho técnico de melhoria da simetria, buscando uma igualdade entre as ações propulsivas de ambos os braços e uma proximidade de um modelo de coordenação em oposição, no qual uma ação propulsiva constante é assumida pelo atleta, seria adequado para os atletas componentes da amostra do presente estudo.

Futuras investigações buscando maiores esclarecimentos sobre o exato instante em que ocorre a máxima geração de força propulsiva pelo nadador seriam adequadas. Estas poderiam ser realizadas empregando semelhante metodologia a aplicada na presente investigação com equipamentos que permitam a aquisição de dados com maior precisão, especialmente no que diz respeito aos métodos de cinemetria e sincronização entre estes e o método de dinamometria utilizado. Ainda, maiores análises acerca da organização das fases da braçada em situações de nado livre e nado amarrado e comparação entre o posicionamento dos diferentes segmentos corporais em diferentes situações de nado seriam possíveis com a adoção de uma metodologia que forneça dados com maior detalhamento. A influência do rolamento do corpo na organização das fases da braçada e adoção do modelo de coordenação poderia ser mensurada realizando a captura de imagens frontais do nadador durante ambas as situações de nado. Desta forma informações importantes para o esclarecimento da influência destas variáveis na composição do desempenho de atletas seriam adquiridas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS II, T. A.; MARTIN, R. B.; YEATER, R. A.; GILSON, K. A. Tethered force and velocity relationships. **Swimming Technique**. p. 21-6, 1983.

AMADIO, A. C.; DUARTE, M. **Fundamentos biomecânicos para análise do movimento humano**. São Paulo: Laboratório de Biomecânica da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, 1996.

ARELLANO, R.; BROWN, P.; CAPPAERT, J.; NELSON, R. C. Analysis of 50, 100 and 200 m freestyle swimmers at the 1992 Olympic Games. **Journal of Applied Biomechanics**. v. 10, p. 103-12, 1994.

AUJOUANNET, Y. A.; ROUARD, A. H.; BONIFAZI, M. Effects of fatigue on kinematic hands symmetry in freestyle. In: VILAS-BOAS, J.P.; ALVES, F.; MARQUES, A. **Biomechanics and Medicine in Swimming X**. Porto. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto. v. 6, s. 2, p. 24-6, 2006.

BEEKMAN, K. A.; HAY, J. G. Characteristics of the Front Crawl Techniques of Swimmers With Shoulder Impingement Syndrome. **J. Swimming Research.** v. 4, n. 3, p. 11-4, 1988.

CAPPAERT, J. M.; PEASE, D. L.; TROUP, J. P. Three-Dimensional Analysis of the Men's 100-m Freestyle During the 1992 Olympic Games**. Journal of Applied Biomechanics**. v. 11, p. 103-12, 1995.

CAPUTO, F.; LUCAS, R. D. de; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Características da braçada em diferentes distâncias no estilo crawl e correlações com a performance. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. v. 8, n. 3, p. 7-13, 2000.

CASTRO, F. A. de S. **Determinantes do desempenho na prova de 200 m nado livre**. Porto Alegre: UFRGS, 2007. Tese de doutorado, Escola de Educação Física, Programa de pós-graduação em ciência do movimento humano, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

CASTRO, F. A. de S. **Parâmetros biomecânicos do nado crawl apresentados por nadadores e triatletas**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. Dissertação de mestrado, Escola de Educação Física, Programa de pós-graduação em ciência do movimento humano, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

CASTRO, F. S.; MORÉ, F. C.; KRUEL, L. F. M. Relação entre o Índice de Braçadas e a Performance em Nadadores de 50 Metros Nado Livre. In: BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 10, 2003, Ouro Preto. **Anais**. v. 1. Ouro Preto: 2003. 246-9.

CHATARD, J. C.; COLLOMP, C.; MAGLISCHO, E.; MAGLISCHO, C. Swimming Skill and Sroking Characteristics of Front Crawl Swimmers. **International Journal of Sports Medicine**. v. 11, n. 2, p. 156-61, 1990.

CHATARD, J. C.; LAVOIE, J. M.; LACOUR J. R. Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. **European Journal of Applied Physiology.** v. 61, p. 88-92, 1990.

CHATARD, J. C.; LAVOIE, J. M.; LACOUR, J. R. Energy cost of front crawl swimming in women. **European Journal of Applied Physiology.** v. 62, p. 416-20, 1991.

CHOLLET, D.; CHALIES, S.; CHATARD, J. C. A new index of coordination for the crawl: Descriptions and usefulness. **International Journal of Sports Medicine.** v.21, p. 54 -9, 2000.

CHOLLET, D.; PELAYO, P.; DELAPLACE, C.; TOURNY, C.; SIDNEY, M. Stroking characteristics variations in the 100-m freestyle for male swimmers of different skill. **Perceptual of Motor Skills**. v.11, p. 167-77, 1997.

COSTILL, D. L. Practical problems in exercise physiology research. **Research Quarterly for Exercise end Sport**. v. 56, n. 4, p. 378-84, 1985.

COSTILL, D. L.; MAGLISCHO, E. D.; RICHARDSON, A. B. **Handbook of sports medicine and science swimming**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1992.

CRAIG JR, A. B.; PENDERGAST, D. R. Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. **Medicine and Science in Sports**. v. 11, n. 3, p.278-83, 1979.

CRAIG JR, A. B.; SKEHAN, P. L.; PAWELCZYK, J. A.; BOOMER, W. L. Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 17, n. 6, p. 625-34, 1985.

DESCHODT, V. J.; ROUARD, A. H.; MONTEIL, K. M. Relationships between the three coordinates of the upper limb joints with swimming velocity. In: TROUP, J. P.; HOLLANDER, A. P.; STRASSE, D.; TRAPPE, S. W.; CAPPAERT, J. M. **Biomechanics and Medicine in Swimming VII**, 1996.

FOMITCHENKO, T. G. Relationship between sprint speed and power capacity in different groups of swimmers. In: KESKINEN, K.; KOMI, P.; HOLLANDER, A. **Biomechanics and Medicine in Swimming VIII**. Jyväskylä, Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, Finland. p. 209-11, 1999.

GRIMSTON, S. K.; HAY, J. G. Relationships among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 18, n. 1, p. 60-8, 1986.

HAY, J. G. **Biomecânica das Técnicas Desportivas**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981.

HAY, J. G.; GUIMARÃES, A. C. S. A Quantitative Look at Swimming Biomechanics. **Swimming Techinique.** v. 20, n. 2, p. 11-7, 1983.

HAY, J. G.; LIU, Q.; ANDREWS, J. G. Body Roll and Handpath in Freestyle Swimming: A Computer Simulation Study. **Journal of Applied Biomechanics**. v. 9, p. 227-37, 1993.

JOHNSON, R. E.; SHARP, R. L.; HEDRICK, C. E. Relationship of swimming power and dryland power to sprint freestyle performance: a multiple regression approach. **The Journal of Swimming Research.** v. 9, p. 10-4, 1993.

KESKINEN, K. L. Measurement of Technique in Front Crawl Swimming. In: MIYASHITA, M; MUTOH, Y.; RICHARDSON, A.B. **Medicine and Sciences in Aquatic Sports**. Medicine Sports Science. v. 39, p. 117-25, 1994.

KESKINEN, K. L.; KOMI, P. V. Intracycle variation in force, velocity and power as a measure of technique performance during front crawl swimming. In: BOUISSET, S.; MÉTRAL, S.; MONOD, H. **Abstract XIVth ISB Congress of Biomechanics**. p. 676-7, 1993a.

KESKINEN, K. L.; KOMI, P. V. Stroking Characteristics of Front Crawl Swimming During Exercise. **Journal Applied Biomechanics**. v. 9, p. 219-26, 1993b.

KOLMOGOROV, S. V.; RUMYANTSEVA, O. A.; GORDON, B. J.; CAPPAERT, J. M. Hydrodynamic characteristics of competitive swimmers of different genders and performance levels. **Journal of Applied Biomechanics**. v. 13, p. 88-97, 1997.

LERDA, R; CARDELLI, C. Breathing and propelling in crawl as a function of skill and swim velocity. **International Journal of Sports Medicine**. v. 24, p. 75-80, 2003.

LIU, Q.; HAY, J. G.; ANDREWS, J. G. Body Roll and Handpath in Freestyle Swimming: An Experimental Study. **Journal of Applied Biomechanics**. v. 9, p. 238-53, 1993.

LOETZ, C.; REISCHELE, K.; SCHMITT, G. The evaluation of highly skilled swimmers via quantitative and qualitative analysis. In: UNGERECHTS, B. E.; WILKE, K.; REICHLE, K. **Swimming Science V**. Champaing: Human Kinetics. p. 361-7, 1988.

MAGLISCHO, C. W.; MAGLISCHO, E. W.; SHARP, R. L.; ZIER, D. J.; KATZ, A. Tethered and nontethered crawl swimming. In: TERAUDS, J.; BARTELS, K.; KREIGHZUM, E.; CRAKES, J. **Sports biomechanics**. California: Academic Publishers. p. 163-75, 1984.

MAGLISCHO, E. W. **Nadando Ainda Mais Rápido**. São Paulo: Manole, 1999.

MAGLISCHO, E. W. **Swimming Fastest**. 3 ed. Champaign: Human Kinetics, 2003.

McGINNIS, P. M. **Biomecânica do esporte e exercício**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

MORÉ, F. C. Relação entre cinemática, cinética e performance no estilo crawl de nadadores e triatletas. **Monografia de Conclusão de Curso de especialização em Cinesiologia**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

MORÉ, F. C.; CARPES, F. P.; CASTRO, F. A. de S. Simetria das forças no nado crawl: influência da respiração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 12, 2007, São Pedro. **Anais**. V.6. São Pedro: Hotel Colina Verde, 2007. 518-23.

MORÉ, F. C.; CASTRO, F. A. de S.; KRUEL, L. F. M. Balanço de nado: Método quantitativo de classificação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 12, 2007, São Pedro. **Anais**. V.6. São Pedro: Hotel Colina Verde, 2007. 512-7.

NIKODELIS, T.; KOLLIAS, I.; HATZITAKI, V. Bilateral inter-arm coordination in freestyle swimming: Effect of skill level and swimming speed. **Journal of Sports Science**. v. 23, n. 7, p. 737-45, 2005.

PAPOTI, M.; MARTINS, L.; CUNHA, S.; ZAGATTO, A.; GOBATO, C. Padronização de um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbia de nadadores utilizando células de carga. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto.** v. 3, n. 3, p. 36-42, 2003.

PAYTON, C. J., HAY, J. G., MULLINEAUX, D. R. The effect of body roll on hand speed and hand path in front crawl swimming: a simulation study. **Journal of Applied Biomechanics**. v. 13, p. 300–15, 1997.

PAYTON, C. J.; BARTLETT, R. M.; BALTZOPOULOS, V.; COOMBS, R. Upper extremity kinematics and body roll during preferred-side breathing and breath-holding front crawl swimming. **Journal of Sports Sciences.** v. 17, p. 689-96, 1999.

PEETERS, H.; DEVRIENDT, K. Human laterality disorders. **European Journal of Medical Genetics**. v. 49, n. 5, p. 349-62, 2006.

PELAYO, P.; SIDNEY, M.; KHERIF, T.; CHOLLET, D.; TOURNY, C. Stroking Characteristics in Freestyle and Relationships With Anthropometric Characteristics. **Journal of Applied Biomechanics**. v. 12, p. 197-206, 1996.

PEREZ, A. J. Correlação de Freqüência e Distância Médias de Braçadas Com Tempo Atingido Em Provas Competitivas Por Nadadores Brasileiros. **Brazilian Journal of Biomechanics**. v. 2, n. 3, p. 15-21, 2001.

PERSYN, U.; DALY, D.; VERVAECKE, H.; VAN TILBORGH, L.; VERHETSEL, H. Profiles of competitors using different patterns in front crawl events. In: HOLLANDER, A. P.; HUIJING, P. A.; GROOT, G. **Swimming science IV**. Champaing: Human Kinetics. p. 323-8, 1983.

SCHLEIHAUF JR., R. E. A Biomechanical Analysis of Freestyle. **Swimming Technique**. v. 11, p. 88-96, 1974.

SCHNITZLER, C.; ERNWEIN, V.; SEIFERT, L.; CHOLLET, D. Intracyclic velocity signal as a tool to avaluate propulsive phase duration. In: VILAS-BOAS, J. P.; ALVES, F.; MARQUES, A. **Biomechanics and Medicine in Swimming X**. Porto. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto. v. 6, s. 2, p. 88-90, 2006.

SCHNITZLER, C.; SEIFERT, L.; ERNWEIN, V.; CHOLLET, D. Arm coordination adaptations assessment in swimming. **Internationa Journal of Sports Medicine**. v. 29, p. 480-486, 2008.

SEIFERT, L.; BOULESTEIX, L.; CARTER, M.; CHOLLET, D. The spatial-temporal and coordinative structures in elite men 100-m front crawl swimmers. **International Journal of Sports Medicine**. v. 26, n. 4, p. 286-93, 2005.

SEIFERT, L.; CHOLLET, D.; ALLARD, P. Arm coordination symmetry and breathing effect in front crawl. **Human Movement Science**. v. 24, p. 234-56, 2005.

SEIFERT, L.; CHOLLET, D.; BARDY, B. G. Effect of swimming velocity on arm coordination in the front crawl: a dynamic analysis. **Journal of Sports Sciences**. v. 22, p. 651-660, 2004.

SEIFERT, D.; CHOLLET, D.; CHATARD, J. C. Kinematic changes during a 100-m front crawl: effects of performance level and gender. **Medicine and Science in Sports and Exercise.** v. 39, n. 10, p. 1784-1793, 2007.

SEIFERT, L.; SCHNITZLER, C.; AUJOUANNET, Y.; CARTER, M.; ROUARD, A.; CHOLLET, D. Comparison of subjective and objective methods os determination of stroke phases to analyse arm coordination in front-crawl. In: VILAS-BOAS, J.P.; ALVES, F.; MARQUES, A. **Biomechanics and Medicine in Swimming X**. Porto. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto. v. 6, s. 2, p. 92-4, 2006.

SWAINE, I. A.; DOYLE, G. Relationships between the mean arm-pulling and leg-kicking power output of semi-tethered and simulated front crawl swimming. In: KESKINEN, K.; KOMI, P.; HOLLANDER, A. **Biomechanics and Medicine in Swimming VIII**. Jyväskylä, Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, Finland. p. 363-8, 1999.

TAYLOR, S.; MACLAREN, D.; STRATTON, G.; LEES, A. The effects of age, maturation and growth on tethered swimming performance. In: CHATARD, J. C. **Biomechanics and Medicine in Swimming IX**. Saint-Etienne: Université de Saint-Etienne. p. 185-90, 2003.

TELLA, V.; LLOP, F.; JORDÀ, J.; MADERA, J.; BENAVENT, J. Intracycle speed and coordination vs fatigue in swimming. In: VILAS-BOAS, J. P.; ALVES, F.; MARQUES, A. **Biomechanics and Medicine in Swimming X**. Porto. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto. v. 6, s. 2, p. 105-107, 2006.

TOUSSAINT, H. M. Differences in propelling eficiency between competitive and triathlon swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise.** v. 22, n. 3, p. 409-15, 1990.

TOUSSAINT, H. M.; BEEK, P. J. Biomechanics of Competitive Front Crawl Swimming. **Sports Medicine.** v. 13, n. 1, p. 8-24, 1992.

VADAY, M.; NEMESSURI, M. Motor pattern of freestyle swimming. In: LEWILLIE, L.; CLARYS, J. P. **Swimming Science I**. Brussels: Université libre de Bruxelles. p. 167-73. 1971.

VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R.; KOLMOGOROV, S. Arrasto hidrodinâmico activo e potência mecânica máxima em nadadores pré-juniores de Portugal. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**. v. 1, n. 3, p. 14-21, 2001.

VILAS-BOAS, J.P.; SOUTO, S.; PINTO, J.; FERREIRA, M.I.; DUARTE, M.; SILVA, J.V.S.; FERNANDES, R.; SOUSA, F. Estudo cinemático 3D da afectação da técnica de nado pela fadiga específica da prova de 200 m livres. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Biomecânica**. Gramado, 31-41, 2001.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; IKUTA, Y.; MIYASHITA, M. Adaptations to Six Months of Aerobic Swim Training, Changes in Velocity, Stroke rate, Stroke Length and Blood Lactate**. International Journal of Sports Medicine**. v. 14, p. 268-72, 1993.

WILKIE, K.; MADSEN, O. **O Treinamento do Nadador Juvenil**. Rio de Janeiro: Guanabara Cogan, 1979.

WILLIAMS, K. R. Kinetic and kinematic asymmetry during distance running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 17, p. 223, 1985.

YANAI, T. What Causes the Body to Roll in Front-Crawl Swimming? **Journal of Applied Biomechanics.** v. 17, p. 28-42, 2001.

ZAMPARO, P.; CAPELLI, C.; CAUTERO, M.; DI NINO, A. Energy cost of front-crawl swimming at supra-maximal speeds and underwater torque in young swimmers. **European Journal of Applied Physiology**. v. 83, p. 487-91, 2000.

8 ANEXOS

Anexo 1

Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul
Escola De Educação Física
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Esse termo é parte de um processo de consentimento informado. Ele deve lhe dar uma idéia do que se trata esse projeto. Se você quiser mais detalhes sobre algo mencionado, ou informação não incluída aqui, sinta-se livre para solicitar.

Por favor leia atentamente a fim de que você entenda plenamente o objetivo e o seu envolvimento nesse estudo. O pesquisador tem o direito de encerrar o seu envolvimento, caso isso se faça necessário. De igual forma, você pode retirar o seu consentimento em participar do mesmo a qualquer momento.

Título do projeto: Determinação da coordenação de nado por meio da análise cinética e cinemática do estilo *crawl*.

Pesquisador responsável: Prof. Felipe Collares Moré
Orientador: Prof. Dr. Carlos Bolli Mota

Objetivos: O presente estudo tem, como principal objetivo, comparar os resultados de análise da simetria e da coordenação de nado *crawl* obtidos por cinemetria (IdC) e por nado amarrado (DTFA). Espera-se que, por meio destas análises, seja possível identificar o modelo de coordenação adotado por cada atleta realizando um teste de nado amarrado.

Esclarecimentos sobre a metodologia do estudo: Todos os procedimentos de coleta dos dados serão realizados no Centro Natatório da Faculdade de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tendo, uma vez, aceitado participar deste estudo, você estará se comprometendo em cumprir as exigências mínimas para a execução integral dos procedimentos solicitados.

Antes da execução de qualquer procedimento você deverá permanecer por, no mínimo, 12 horas sem atividade física intensa. Serão anotados os seus dados pessoais (nome,

telefone e idade) e mensuradas suas medidas antropométricas (massa, envergadura e estatura). Após esta primeira etapa você será submetido a execução de dois protocolos específicos:

A) Um teste de 50 m nadados em máxima intensidade, no estilo *crawl*, com saída de dentro da água. Este teste fornecerá os dados para a determinação do modelo de coordenação adotado e para quantificação das simetrias e/ou assimetrias apresentadas durante o nado *crawl*. Durante a realização deste teste você será acompanhado por duas filmadoras colocadas, cada uma, em uma das laterais da piscina de forma que as imagens de um lado serão captadas por uma câmera e as imagens do outro lado serão captadas por outra câmera. Cada câmera estará posicionada abaixo da superfície da água.

B) O protocolo B consistirá de um teste máximo em nado amarrado com um tempo de duração semelhante ao utilizado para realizar os 50 m durante o protocolo A. Neste teste você realizará a natação estacionária, em estilo *crawl*, preso, por um cinto, a um cabo de aço que, por sua vez, será conectado a uma célula de carga fixada a borda da piscina impedido seu deslocamento. Este teste visa à determinação do modelo de coordenação e identificação das simetrias ou assimetrias apresentadas durante o nado amarrado além da determinação da resultante das forças aplicadas durante o mesmo teste possibilitando, assim, a determinação da diferença média de tempo entre os picos de força aplicada por braçada. Durante o nado amarrado você será filmado por duas câmeras posicionadas sob a água nas duas bordas laterais da piscina. O início e o final do teste serão determinados por sinais sonoros disparados por um avaliador.

Riscos e benefícios: Participando deste projeto, você estará nos ajudando a melhor compreender seu desempenho em natação e, assim, possibilitará o auxílio a você e a outros atletas de alto nível. Este estudo não acarreta riscos, no entanto você poderá sentir cansaço após os testes, assim como após qualquer treino intenso e/ou competição.

Acompanhamento e ressarcimento: Todos os testes serão realizados por profissionais qualificados. O serviço de emergência com profissionais treinados estará disponível para lidar com situações incomuns. Qualquer despesa eventual necessária para sua participação neste projeto (salvo o deslocamento até a piscina das avaliações) será ressarcida e, no caso da ocorrência de qualquer dano pessoal, a indenização está garantida.

Confidencialidade: Será garantida a privacidade dos seus dados pessoais. Os resultados dos testes serão divulgados através de artigos científicos e relatórios, entregues aos treinadores, porém, em nenhum momento serão divulgados os seus dados pessoais.

Termo de consentimento: A sua assinatura indica que você entendeu a informação relativa à sua participação e que você concorda em participar. Esse consentimento não lhe faz renunciar aos seus direitos legais, e nem libera os investigadores de suas responsabilidades pessoais ou profissionais. A sua participação continuada deve ser tão bem informada quanto o seu consentimento inicial, assim você deve se sentir à vontade para solicitar esclarecimentos ou novas informações. Em caso de dúvida, favor entrar em contato com Felipe Collares Moré pelo email fcmore@gmail.com ou pelo fone 81824441. Este termo foi elaborado em duas vias. Uma delas ficará em seu poder e a outra com o pesquisador.

Nome do pesquisador:_____

Assinatura do pesquisador:_____

Nome do avaliado: _____

Assinatura do avaliado: _____

Data ___/___/____

Anexo 2

Resultados dos testes de normalidade e homogeneidade – nado livre x nado livre, nado amarrado x nado amarrado

Os resultados dos testes de normalidade dos dados de IdC1 e IdC2, não igualados, utilizados para avaliação da simetria em ambas as situações de nado, livre e amarrado, são apresentados, respectivamente nas Tabelas 8 e 9.

Os resultados do teste de homogeneidade das variâncias, dos dados paramétricos, apresentados por cada par de variáveis comparadas durante avaliação da simetria de nado são mostrados na Tabela 10.

Tabela 8 - Resultados do teste de *Shapiro-Wilk* para as variáveis IdC1 e IdC2 apresentados durante nado livre. $p < 0,05$ indica distribuição não paramétrica.

Sujeito	Braçadas analisadas n =	IdC1 p	IdC2 p
1	10	= 0,171	= 0,580
2	15	= 0,096	= 0,048
3	8	= 0,155	= 0,627
4	13	= 0,002	= 0,837
5	14	= 0,001	= 0,038
6	14	= 0,296	= 0,018
7	14	= 0,109	= 0,013
8	12	= 0,413	= 0,004
9	15	= 0,005	= 0,107
10	12	= 0,058	= 0,443
11	12	= 0,248	= 0,005
12	15	= 0,003	= 0,008
13	13	= 0,006	= 0,198

Tabela 9 - Resultados do teste de *Shapiro-Wilk* para as variáveis IdC1 e IdC2 apresentados durante nado amarrado. p < 0,05 indica distribuição não paramétrica.

Sujeito	Braçadas analisadas n =	IdC1 p	IdC2 p
1	18	= 0,765	= 0,102
2	22	= 0,509	= 0,009
3	21	= 0,077	= 0,031
4	20	= 0,368	= 0,354
5	24	= 0,671	= 0,294
6	22	= 0,132	= 0,058
7	23	= 0,203	= 0,223
8	23	= 0,279	= 0,017
9	20	= 0,147	= 0,019
10	21	= 0,722	= 0,230
11	19	= 0,038	= 0,765
12	22	= 0,016	= 0,098
13	25	= 0,003	= 0,004

Tabela 10 - Resultados do teste de *Levene* para cada par de variáveis IdC, que apresentaram distribuição paramétrica, comparadas. p < 0,05 indica homogeneidade das variâncias não assumida.

Sujeito	IdC1 x IdC2 Situação de nado	p
1	Livre	= 0,078
1	Amarrado	= 0,385
3	Livre	= 0,029
4	Amarrado	= 0,203
5	Amarrado	= 0,174
6	Amarrado	= 0,746
7	Amarrado	= 0,929
10	Livre	= 0,486
10	Amarrado	= 0,030

Os resultados dos testes de normalidade das variáveis DTFA1 e DTFA2 apresentadas durante o teste de nado amarrado são apresentados na Tabela 11. A Tabela 12 mostra os resultados do teste de homogeneidade das variâncias, dos dados paramétricos, apresentados por cada par de variáveis comparadas.

Tabela 11 - Resultados do teste de *Shapiro-Wilk* para as variáveis DTFA1 e DTFA2 apresentados durante nado amarrado. $p < 0,05$ indica distribuição não paramétrica.

Sujeito	Braçadas analisadas n =	DTFA1 p	DTFA2 p
1	10	= 0,060	= 0,081
2	15	= 0,029	= 0,132
3	8	= 0,125	= 0,003
4	13	= 0,884	= 0,650
5	14	< 0,001	= 0,100
6	14	= 0,006	= 0,001
7	14	= 0,556	= 0,011
8	12	= 0,002	= 0,004
9	15	= 0,098	= 0,912
10	12	= 0,006	= 0,507
11	12	= 0,001	= 0,045
12	15	= 0,174	= 0,204
13	13	< 0,001	= 0,001

Tabela 12 - Resultados do teste de *Levene* para cada par de variáveis DTFA, que apresentaram distribuição paramétrica, comparadas. $p < 0,05$ indica homogeneidade das variâncias não assumida.

Sujeito	DTFA1 x DTFA2 p
1	= 0,314
4	= 0,922
9	= 0,869
12	= 0,806

Anexo 3

Resultados dos testes de normalidade – nado livre x nado amarrado

Os resultados dos testes de normalidade dos dados utilizados para comparação do IdC1 em nado livre e amarrado e do IdC2 em nado livre e amarrado, igualados conforme metodologia descrita no item 4.5.4 deste estudo, são apresentados nas Tabelas 13 e 14. A Tabela 15 mostra os resultados do teste de normalidade das FB deste estudo.

Tabela 13 - Resultados do teste de *Shapiro-Wilk* para as variáveis IdC1 e IdC2 apresentados durante nado livre. Dados igualados. $p < 0,05$ indica distribuição não paramétrica.

Sujeito	IdC	Braçadas analisadas n =	p
1	1	11	= 0,171
1	2	10	= 0,580
2	1	16	= 0,096
2	2	15	= 0,048
3	1	9	= 0,155
3	2	8	= 0,627
4	1	15	= 0,002
4	2	13	= 0,837
5	1	15	= 0,001
5	2	14	= 0,038
6	1	14	= 0,296
6	2	13	= 0,018
7	1	14	= 0,109
7	2	14	= 0,013
8	1	13	= 0,413
8	2	12	= 0,004
9	1	15	= 0,005
9	2	15	= 0,107
10	1	13	= 0,058
10	2	12	= 0,443
11	1	12	= 0,248
11	2	13	= 0,005
12	1	15	= 0,003
12	2	16	= 0,008
13	1	13	= 0,006
13	2	14	= 0,198

Tabela 14 - Resultados do teste de *Shapiro-Wilk* para as variáveis IdC1 e IdC2 apresentados durante nado amarrado. Dados igualados. $p < 0,05$ indica distribuição não paramétrica.

Sujeito	IdC	Braçadas analisadas n =	p
1	1	11	= 0,721
1	2	10	= 0,191
2	1	16	= 0,565
2	2	15	= 0,221
3	1	9	= 0,111
3	2	8	= 0,334
4	1	15	= 0,575
4	2	13	= 0,226
5	1	15	= 0,980
5	2	14	= 0,402
6	1	14	= 0,083
6	2	13	= 0,023
7	1	14	= 0,146
7	2	14	= 0,054
8	1	13	= 0,158
8	2	12	= 0,036
9	1	15	= 0,013
9	2	15	= 0,168
10	1	13	= 0,551
10	2	12	= 0,019
11	1	12	= 0,001
11	2	13	= 0,439
12	1	15	= 0,016
12	2	16	= 0,186
13	1	13	< 0,001
13	2	14	< 0,001

Tabela 15 - Resultados do teste de *Shapiro-Wilk* para as variáveis FBiniL, FBiniA, FBfinL, FBfinA. $p < 0,05$ indica distribuição não paramétrica.

FB	p
FBiniL	= 0,811
FBiniA	= 0,487
FBfinL	= 0,969
FBfinA	= 0,107

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo