

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO NADO CRAWL  
EM TESTE MÁXIMO DE 400 M

Trabalho de Conclusão de Curso II

*Tiago Perin Cardoso*

Orientador: Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro

Porto Alegre, novembro de 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO NADO CRAWL EM TESTE MÁXIMO  
DE 400 M

Tiago Perin Cardoso

Trabalho de Conclusão de Curso II  
apresentado à Escola de Educação  
Física da Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul

Orientador: Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro

Porto Alegre, novembro de 2011

## Agradecimentos

À minha família: pais e irmãs, pelo apoio, compreensão, insistência e paciência;

À todos meus amigos que de alguma maneira colaboraram durante todo o meu processo de formação pessoal e profissional, de modo particular àqueles que também enfrentam o desafio de buscar a valorização da Educação Física;

Ao meu orientador, Dr. Flávio Antônio de Souza Castro, por todo o ensinamento transmitido e por sua participação efetiva num momento importante na minha formação acadêmica;

Ao meu co-orientador, Mestre Marcos Franken, pelo convite de participação em seu projeto de mestrado me proporcionando a primeira experiência com pesquisa em natação e conhecimentos de extrema importância no trabalho de conclusão;

À toda equipe e alunos dos projetos: Natação Aprendizagem e Natação Aperfeiçoamento e Condicionamento da Escola Superior de Educação Física da UFRGS, em especial ao coordenador dos projetos e amigo Professor Alberto Bischoff;

Por fim, à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo ensino de qualidade, pela gratuidade e oportunidades proporcionadas;

Muito obrigado.

## RESUMO

Este estudo teve por objetivo analisar e comparar as variáveis cinemáticas do nado crawl de um teste máximo de 400 m em piscina de 25 m. Participaram do estudo 14 indivíduos do sexo masculino. As variáveis frequência média de braçada, comprimento médio de ciclo de braçada, velocidade média de nado e índice de coordenação de nado e as fases da braçada: apoio, puxada, empurrada e aérea, foram verificadas nos trechos correspondentes às seguintes parciais: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 e 400 m. Os resultados indicaram aumento na frequência de braçada e diminuição no comprimento de braçada como comportamento utilizado para manutenção da velocidade de nado. Entretanto não foi observada alteração no índice de coordenação de nado, no que se diz respeito ao modelo de coordenação adotado pelos atletas. Situação análoga verificou-se na análise das fases da braçada.

Palavras-chave: natação, cinemática, coordenação

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	6
LISTA DE QUADRO E TABELAS .....	7
1 INTRODUÇÃO .....	8
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	15
3.1 População e Amostra .....	15
3.2 Aspectos éticos .....	15
3.3 Variáveis do estudo .....	15
3.4 Protocolo de avaliação e análise dos dados .....	16
3.5 Análise estatística .....	20
4 RESULTADOS .....	21
5 DISCUSSÃO .....	27
6 CONCLUSÕES .....	30
REFERÊNCIAS .....	31
<b>Anexo 1</b> .....	<b>34</b>

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** – Frequência de braçada (FB), em média e desvio-padrão, A representa diferença entre T1 e T8, B a diferença entre T2 e T4, T5, T6, T7 e T8, C a diferença entre T3 e T8, D a diferença entre T4 e T8, E a diferença entre T5 e T8 e F a diferença entre T6 e T8, n = 14.....22

**Figura 2** - Resultados obtidos na comparação dos valores de CB e seu respectivo DP. Foram encontradas diferenças significativas nos trechos: A entre T1 e T3, T4, T5, T6, T7 e T8, B entre T2 e T4, T5, T6, T7 e T8 e C entre T5 e T6, n = 14.....23

**Figura 3** - Resultados médios de VN e seus respectivos DP. Foram encontradas diferenças significativas apenas entre T1 e T3, T4 como demonstrado com o símbolo A, n = 14.....23

**Figura 4** – Índice de coordenação de nado, em média e DP, para os oito trechos analisados. Não foram identificadas diferenças entre trechos, n = 14.....24

**LISTA DE QUADRO E TABELAS**

Quadro 1 .....	14
Tabela 1 .....	17
Tabela 2 .....	17
Tabela 3 .....	20
Tabela 4 .....	21

## 1 INTRODUÇÃO

Esportes aquáticos têm aumentado seus números de adeptos constantemente. Na natação, com sua complexidade, em conjunto com esse aumento de praticantes, cresce, também, a necessidade de avaliação para o desempenho, sob diferentes óticas: fisiológica, biomecânica, psicológica. Características cinemáticas de nado, forças de arrasto e aplicação de força propulsiva são aspectos biomecânicos presentes na natação (HAY E GUIMARÃES, 1983), essas variáveis biomecânicas representam uma possibilidade de avaliar a técnica do nado e detêm igual contribuição para o desempenho quando analisadas, em paralelo, às variáveis fisiológicas (PELARIGO et al., 2007).

Por meio da avaliação de variáveis cinemáticas e da organização espaço-temporal do nado, é possível verificar a técnica de nado e observar alterações técnicas do nadador durante determinada distância percorrida.

Dentre os aspectos biomecânicos, se destacam os relacionados à cinemática do nado: frequência média de braçadas (FB), que se define como o quociente entre o número de ciclos de braçadas e seu tempo de execução e a distância média percorrida a cada ciclo de braçada (CB), expressa em metros (HAY; GUIMARÃES, 1983). A FB e a CB apresentam correlação significativa com o desempenho nos 100, 200 e 400 m na natação (CHATARD; LAVOIE; LACOUR, 1990; WAKAYOSHI et al., 1995; HUOT-MARCHAND et al., 2005). A velocidade média de nado (VN) pode ser identificada pelo produto entre a FB e a CB (SMITH; NORRIS; HOGG, 2002), assim, nadadores utilizam a combinação que consideram mais eficiente entre FB e CB para se manter em determinada VN.

Proposto em 2000, por Chollet, Chalies e Chatard, o índice de coordenação (IdC), utilizado para quantificar a coordenação e a ação de ambos os braços no nado crawl, é identificado a partir de dados de tempo e posição obtidos de imagens capturadas por meio da técnica de cinemática subaquática do nado no plano sagital dos atletas (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000). Nesta técnica, é identificado o momento em que se inicia cada uma das três

fases subaquáticas da braçada: apoio (A), puxada (B) e empurrada (C), em cada um dos braços e a saída e a entrada da mão na água; B e C são as fases consideradas propulsivas do nado crawl e o tempo decorrido entre o final da fase de empurrada de um braço e o início da fase de puxada do outro é expresso em percentual da duração total da braçada, determinando, assim o IdC (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000; MORÉ, 2008).

Denomina-se, na maioria dos estudos, como IdC1, o intervalo entre o final da fase propulsiva da braçada esquerda e o início da fase propulsiva da braçada direita, e IdC2 o intervalo decorrido entre o final da fase propulsiva da braçada direita e o início da fase propulsiva da braçada esquerda, expressos em valor percentual com relação à duração total da braçada (SEIFERT; CHOLLET; ALLARD, 2005; MORÉ, 2008). Com a comparação de IdC1 e IdC2 mensura-se a simetria entre o modelo de coordenação adotado em cada um dos lados do corpo de um nadador.

No nado crawl, a coordenação dos movimentos das braçadas pode ser descrita a partir de três modelos: modelo de oposição(1): aquele que um braço inicia a fase de puxada no momento que o outro finaliza a fase de empurrada; modelo de captura(2): caracterizado pela presença de um tempo sem propulsão entre o fim da fase de empurrada de um braço e o início da fase de puxada do outro braço; modelo de sobreposição(3): aquele no qual o início da fase de puxada de um braço ocorre antes do final da fase de empurrada do outro (COSTILL; MAGLISCHO; RICHARDSON, 1992; MAGLISCHO, 2003).

Ao longo das distâncias em natação, pode haver variações em relação aos modelos de coordenação adotados pelos nadadores, além de mudanças nos parâmetros cinemáticos do nado, relacionados a possíveis efeitos de fadiga e tentativa de executar uma técnica mais econômica. Com exceção de poucos estudos (ALBERTY et al. 2009; SEIFERT et al. 2005) que realizaram o acompanhamento dos parâmetros espaço-temporais ao longo das distâncias nadadas, ainda pouco se sabe sobre essas possíveis adaptações na técnica de nado.

Deste modo, **o objetivo geral** deste estudo é verificar o comportamento da coordenação e de parâmetros espaço-temporais de nado ao longo de 400m nado crawl executados sob máxima intensidade. Já **os objetivos específicos** são, ao longo da repetição de 400 m: realizar a comparação da duração das

fases da braçada (A e D, não propulsivas, B e C, propulsivas) e comparar VN, FB, CB e IdC.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Hay e Guimarães (1983), são três os itens que compõem as variáveis biomecânicas de nado:

- as forças de arrasto;
- a aplicação de força propulsiva;
- as características cinemáticas das técnicas de saída, virada e nado.

Considera-se que a superação do arrasto é responsável por 90% do custo energético total de nado (MILLET, 2002) e com o aumento da velocidade ocorre também o aumento desta força. Assumindo que o arrasto é o produto entre uma constante (que incorpora as características físicas do meio e as características do corpo que se desloca) e o quadrado da velocidade de deslocamento, são esperadas alterações nas variáveis biomecânicas devido às necessidades de apropriação da técnica de nado às demandas de intensidade (FRANKEN, et al., 2008).

O estudo do comportamento das variáveis cinemáticas auxilia na compreensão e melhora do desempenho. Assim, nesta revisão, serão descritas as seguintes variáveis: frequência média de ciclo de braçadas (FB), comprimento médio de braçadas (CB), velocidade média de nado (VN), índice de coordenação de nado (IdC) e a duração das fases da braçada (A, B, C e D).

FB é a quantidade de braçadas que o indivíduo executa por unidade de tempo e depende do tempo gasto pelo nadador nas fases propulsivas e não propulsivas e CB é a distância que o nadador percorre por ciclo de braçadas, que é composto por duas braçadas completas (CASTRO et al., 2005). Utilizando-se o produto entre o CB e a FB em determinada distância, obtém-se a VN, que é velocidade média atingida por um nadador em trecho especificado (CASTRO et al. 2009). Estes dois parâmetros, FB e CB, representam a capacidade técnica de um nadador e sofrem alterações de acordo com a instalação do processo de fadiga em alguma prova de natação (VILAS-BOAS et al., 2001).

FB e CB apresentam relação negativa. Quando a FB é aumentada, CB sofre diminuição, da mesma forma o oposto também acontece, com o aumento do CB, a FB diminui (HAY e GUIMARÃES, 1983), ou seja, atletas com capacidade de aumento em FB e CB apresentariam importantes melhoras no produto entre as duas variáveis, a VN. Resultados em estudos mostram que o incremento da FB é a estratégia mais utilizada por nadadores quando existe necessidade de aumento agudo da VN (YANAI, 2003; MARINHO et al., 2006).

Estudos, como o de Castro et al. (2005), mostram que atletas ao nadarem com incremento de intensidade, apresentam relação inversamente proporcional entre CB e FB, assim FB e VN aumentam com o incremento da intensidade de nado, e CB diminui.

Já as características de nado em condição de exaustão foram exploradas por Alberty et al. (2009). Neste estudo, os atletas realizaram repetições de 400 m em variadas intensidades e pode-se verificar aumento da FB e diminuição no CB comparando o começo de uma repetição com o final da mesma. Ainda foi observado diminuição nas fases não propulsivas e aumento do IdC, como conclusão, o autor indica que a fadiga proporciona aumento da FB para compensar a redução na capacidade de gerar propulsão por braçada, garantindo manutenção da propulsão se vista de forma geral.

Para a avaliação da coordenação de nado, Chollet, Chalies e Chatard (2000) propuseram a divisão do movimento completo da braçada em quatro fases: entrada e apoio da mão na água, puxada, empurrada (fases submersas) e recuperação (fases aérea).

Em busca de um índice que possibilitasse a quantificação da coordenação e ação dos braços direito e esquerdo no nado crawl, Chollet, Chalies e Chatard (2000) ainda estabeleceram o índice de coordenação (IdC). Este é calculado a partir de dados de posição e tempo obtidos em imagens capturadas utilizando a técnica de cinemetria subaquática do nado em plano sagital (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000). Na cinemetria subaquática, identifica-se o momento em que se inicia cada uma das três fases subaquáticas da braçada: (A) apoio, (B) puxada, (C) empurrada, em cada um dos braços.

Deste modo a braçada do nado crawl pode ser dividida em quatro fases: (A) entrada da mão na água e apoio, (B) puxada, (C) empurrada e (D)

recuperação. Sendo as fases B e C responsáveis pela propulsão do atleta e denominadas fases propulsivas enquanto as fases A e D são consideradas fases não propulsivas da braçada (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000; ALBERTY et al., 2009; PELARIGO; DENADAI; GRECO, 2011).

Em estudo apresentado por Chollet, Chalies e Chatard (2000), no qual os autores avaliaram 43 atletas em três distintas intensidades denominadas: V800, V100 e V50, pode ser observado um aumento significativo na duração da soma entre as fases B e C (fase propulsiva). Este incremento ocorreu de forma diretamente proporcional ao aumento da velocidade de nado.

No estudo de Pelarigo, Denadai e Greco (2011) foram avaliados 12 indivíduos nas intensidades correspondentes ao máximo estado estável de lactato (1) e na intensidade 2,5% maior que este mesmo estado (2). Por meio de testes submáximos de 30 minutos pode-se perceber que as fases da braçada se mantiveram estáveis na intensidade 1, no entanto, a duração relativa da puxada (B) aumentou significativamente na intensidade 2.

O modelo de coordenação de nado adotado pelos nadadores tem sido mensurado utilizando-se o índice de coordenação de nado (IdC), o qual é utilizado como auxiliar para análise técnica de nadadores, pois, por meio do mesmo, é identificado o modelo de coordenação adotado durante determinado treinamento ou prova competitiva (CHOLLET, CHALIES, CHATARD, 2000; MORÉ, 2008):

- O IdC identificado como 0%, com intervalo de tempo entre as fases da braçada igual à 0 s é encontrado quando a fase de propulsão de uma braçada se iniciava no exato momento do término da fase propulsiva da braçada contra-lateral, correspondendo ao modelo de oposição;
- A identificação do valor de IdC maior que 0% (positivo) representa que, em algum momento, a propulsão dos dois braços foi simultânea, caracterizando o modelo de sobreposição, no qual o início da fase propulsiva de um braço começa antes do término desta mesma fase da braçada do braço oposto.
- Quando encontrado período sem força propulsiva de nenhum dos braços, identificou-se o modelo de captura e o IdC foi avaliado com valor menor que 0% (negativo).

Na natação a técnica é um aspecto muito importante em relação ao desempenho final, podendo ser o determinante mais importante entre aqueles que influenciam o resultado final de um atleta. O controle da mesma durante repetições em máxima intensidade pode auxiliar no controle das sessões de treinamento nessa modalidade, uma vez que a análise das variáveis biomecânicas representantes da técnica de nado podem contribuir ainda mais quando analisadas em conjunto com variáveis fisiológicas (PELARIGO et al., 2007).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 População e Amostra

A população deste estudo é composta por nadadores competitivos federados e experientes em natação competitiva. Participaram 14 nadadores fundistas competitivos, com idades entre 16 e 36 anos, todos vinculados a Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos, do sexo masculino com participações em campeonatos de nível nacional, especialistas nas provas de 400, 800 e 1500 m realizadas em piscina. Apresentavam, no mínimo, quatro anos de experiência competitiva e treinamento mínimo de 12 horas semanais, divididas em seis dias, alcançando volume semanal entre 35.000 e 80.000m.

#### 3.2 Aspectos éticos

Os participantes foram informados sobre os procedimentos referentes aos testes e assinaram termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 1) para que pudessem participar do estudo antes da execução das avaliações. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Humanos sob o número 17367 da UFRGS. Aos atletas foi feita a recomendação de reduzir os níveis de atividade física pelo período de 24 horas antes do teste, que foi realizado no horário de treino dos sujeitos.

#### 3.3 Variáveis do estudo

Os trechos dos 400 m nado crawl são a variável independente deste estudo. As variáveis dependentes são o tempo, que está ligado ao desempenho de forma inversa e proporcional, a duração das fases da braçada (A, B, C e D), a frequência de braçadas (FB), o comprimento médio percorrido por ciclo de braçadas (CB), a velocidade de nado (VN) e o índice de coordenação (IdC).

### 3.4 Protocolo de avaliação e análise dos dados

#### Características antropométricas

Primeiramente foram mensuradas estatura, envergadura, massa corporal e dobras cutâneas de todos os indivíduos para a caracterização da amostra anteriormente ao início do protocolo específico para a aquisição das variáveis do estudo. Para a aquisição das medidas antropométricas foram utilizados os seguintes materiais:

- balança marca Filizola, modelo 31 e resolução de 0,1 kg;
- estadiômetro marca Filizola, modelo 31 com resolução de 0,01 m;
- fita métrica marca Top-long, com resolução de 0,01 m;
- adipômetro científico marca Sammy, com resolução de 0,1 mm;

Todas as aquisições das medidas antropométricas foram realizadas no Centro Natatório da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com os nadadores trajados de sunga e descalços, sempre na primeira visita de cada participante ao Centro Natatório.

A medição da massa corporal foi realizada com os indivíduos em pé, na posição ortostática e em posição estática. Para a mensuração da estatura os indivíduos permaneciam de costas para o estadiômetro com a cabeça voltada para frente. A envergadura foi medida com os sujeitos deitados em decúbito dorsal com abdução dos ombros a 90° sendo considerada a envergadura como a distância entre os pontos extremos distais do dedos médios das duas mãos. A mensuração das dobras cutâneas foi realizada com protocolo utilizado por Heyward e Stolarczyk (2000), registrando três medidas das dobras tricipital, abdominal, supra-ilíaca e subescapular. Estas medidas foram posteriormente somadas.

#### Variáveis biomecânicas

A repetição de 400 m no nado crawl em máxima intensidade foi realizada em piscina de 25 m, com saída de dentro da mesma e após

aquecimento de 800 m em baixa intensidade. O tempo para realização da repetição de 400 m foi obtido por três cronometristas experientes, utilizando cronometragem manual. A repetição continha 16 trechos de 25 m para a coleta dos dados, dos quais desprezavam-se os primeiros 10 m para a obtenção do tempo, evitando interferências da propulsão contra a borda e da aceleração nas variáveis cinemáticas.

Os tempos para a realização de 10 m (T10) de cada trecho e para a execução dos três ciclos de braçadas (T3c) dentro de cada 10 m eram registrados por dois cronometristas experientes. Ambos os dados eram registrados a partir da entrada do nadador, utilizando a cabeça como ponto de referência, no espaço avaliado. Assim, o início do registro do T10 e do T3c era feito no momento em que o indivíduo ultrapassasse a linha imaginária projetada por meio de uma haste colocada na lateral da piscina, com a cabeça. Os dois tempos foram registrados entre os 10 e 20 m de todos os trechos de 25 m, desprezando assim possíveis influências do impulso realizado, na parede, na saída e nas viradas. Para a realização das marcações da piscina foi utilizada uma fita métrica com resolução de 0,01m da marca Cardiomed. Cronômetros digitais Technos, modelo 100 lap, com resolução de 0,01s foram utilizados para a marcação dos tempos.

Os materiais e métodos utilizados nas coletas das imagens para posterior análise e identificação da duração das fases A, B, C e D da braçada e IdC foram:

- Duas câmeras SANYO, modelo VPC-WH1, operadas em frequência de amostragem de 60 Hz, para obtenção das imagens externas e subaquáticas do nado de cada atleta;
- um carrinho e trilho onde foi fixado o suporte para as duas câmeras, possibilitando deslocamento na borda lateral da piscina para filmagem simultânea subaquática e externa;
- um módulo eletrônico utilizado para sincronização das câmeras, composto por dois leds e um disparador manual;
- três cronômetros manuais da marca TECHNOS, modelo 100 LAP MEMORY, Suíça;

- software KINOVEA – 0.8.15 para análise quadro a quadro das imagens capturadas pelas câmeras;

O teste de 400m foi dividido em 16 momentos, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – momentos e trechos de coleta e análise dos dados

MOMENTO	TRECHO
1	0 – 25m
2	25 - 50m
3	50 – 75m
4	75 – 100m
5	100 – 125m
6	125 – 150m
7	150 – 175m
8	175 – 200m
9	200 – 225m
10	225 – 250m
11	250 – 275m
12	275 – 300m
13	300 – 325m
14	325 – 350m
15	350 – 375m
16	375 – 400m

Fonte: o autor.

Nos trechos pares citados no Quadro 1 foram analisadas as variáveis FB, CB, VN, IdC e a duração das fases da braçada (A, B, C e D).

As filmagens externa e subaquática possibilitaram a determinação da duração das fases da braçada e o modelo de coordenação de nado adotado pelos nadadores. As câmeras acompanhavam os nadadores nos 15 m centrais da piscina, presas a um suporte ligado ao trilho por um carrinho, o qual era deslocado manualmente por um operador em velocidade semelhante à do nadador, com alinhamento baseado no ombro do atleta. Estavam posicionadas, uma à 30 cm de profundidade (subaquática) e a outra à 20 cm da superfície da água (externa). A sincronização das câmeras foi realizada pela emissão de um

sinal luminoso disparado simultaneamente para as duas câmeras. Então, determinou-se um único quadro de início das análises das imagens a serem gravadas (MORÉ, 2008).

Para determinar o modelo de coordenação de nado adotado por cada um dos nadadores durante o teste máximo, o IdC utilizado foi o mesmo proposto por Chabies, Chatard e Chollet (2000). Dividiu-se cada movimento completo de braçada em quatro fases com durações definidas de acordo com o tempo decorrido entre dois pontos chave (SEIFERT et al., 2006), essa avaliação foi feita por três avaliadores, com experiência na natação, quando foi feita uma análise quadro a quadro identificando as fases de cada braçada e mensurando suas durações do seguinte método:

- A. Entrada e apoio da mão na água: correspondente ao momento entre a entrada da mão na água até o início da puxada;
- B. Puxada: a partir do início do movimento da mão para trás até o alinhamento da mão com o ombro do nadador, aproximadamente 90 graus de flexão do ombro;
- C. Empurrada: tem seu início quando a mão ultrapassa a linha do ombro no plano vertical e o momento de saída da mão da água;
- D. Recuperação: tempo decorrido entre a saída da mão da água e sua entrada novamente, à frente do nadador.

A identificação e mensuração das fases da braçada e suas durações possibilitaram a identificação da fase propulsiva, obtida pela soma da fase de empurrada e de puxada e da fase não propulsiva, considerada a soma das fases de recuperação, e entrada e apoio da mão na água.

O modelo de coordenação de nado adotado pelos indivíduos foi mensurado utilizando o índice de coordenação de nado. O índice de coordenação de nado (IdC) identificado com 0% e intervalo de tempo entre as fases da braçada igual a zero correspondente ao modelo de oposição. Quando encontrado valor para IdC foi maior que 0% significou que em algum momento a propulsão dos dois braços foi simultânea, o que caracteriza o modelo de sobreposição e identificou-se o modelo de captura quando o IdC foi avaliado com valor menor que 0%.

### 3.5 Análise estatística

Depois de realizar a estatística descritiva, com cálculos das médias, desvios e erros-padrão, foi analisada a normalidade na distribuição dos dados das variáveis numéricas com a aplicação do teste de Shapiro-Wilk.

Entre os valores encontrados de FB, CB, VN, IdC e duração das fases da braçada (A, B, C e D) de todos os 8 trechos pares da repetição de 400 m foi aplicada uma ANOVA para medidas repetidas (esfericidade dos dados foi verificada com o teste Mauchly). Quando necessário, foi aplicada uma correção Epsilon de Greenhouse-Geisser. Os efeitos principais foram verificados por um teste *post-hoc* de Bonferroni. Os cálculos foram realizados no programa SPSS v. 12.0, com o nível de significância adotado de 5%.

#### 4 RESULTADOS

Os resultados das variáveis são apresentados de forma isolada: características antropométricas dos participantes do estudo, desempenho nos 400 m, frequência média de ciclos de braçada (FB), comprimento por ciclo de braçada (CB), velocidade média de nado (VN), índice de coordenação de nado e duração das fases da braçada (A, B, C e D) no teste máximo de 400 m.

Apresentam-se na Tabela 1 as características antropométricas dos nadadores, são elas: idade, massa corporal, estatura, envergadura e somatório de dobras cutâneas.

**Tabela 1** – Valores médios, desvios-padrão (DP) e valores mínimos emáximos das características dos sujeitos; n = 14.

	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Estatura (cm)	Envergadura (cm)	$\Sigma$ Dobras (mm)
Média	21,1	72,4	179,6	186,3	48,6
DP	7,3	10,6	6,7	8,1	11,7
Mínimo	16	60	169,5	175	32
Máximo	36	88,8	193,5	202	60,3

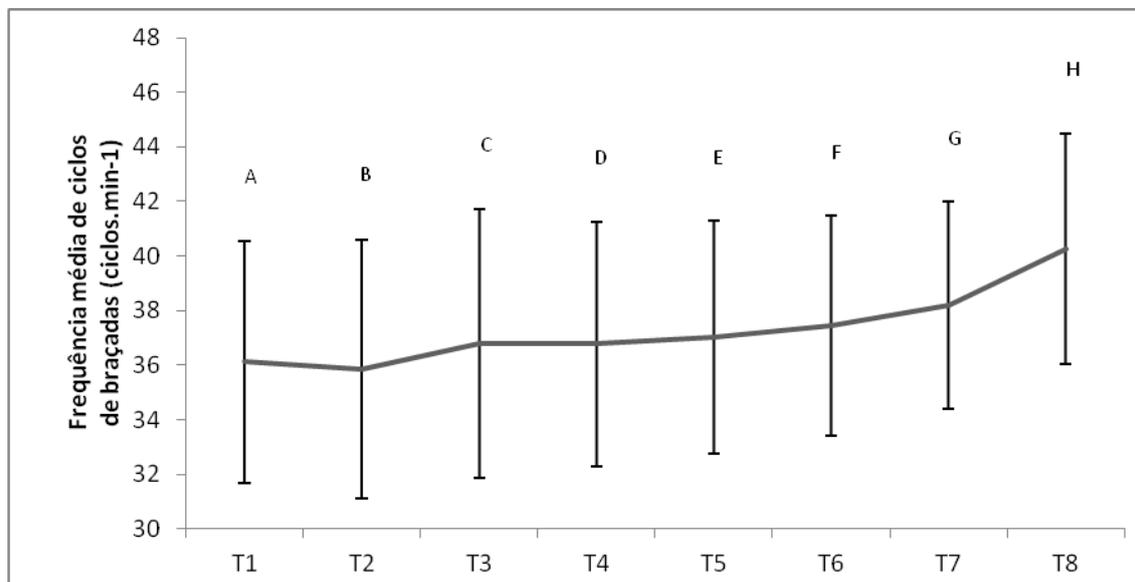
Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios  $\pm$  DP do desempenho, em s, do percentual do recorde mundial dos 400 m nado livre (desempenho 400 m) e da velocidade da repetição de 400 m em máxima intensidade (V400) e.

Tabela 2 - Valores médios e DP de desempenho nos 400 m em máxima intensidade, expressos em s e em % do recorde mundial e velocidade média de nado na distância (V400); n = 14.

	T400 (s)	Desempenho 400 (%)	V400 (m.s <sup>1</sup> )
Média	275,86	77,46	1,45
DP	13,12	4,68	0,08

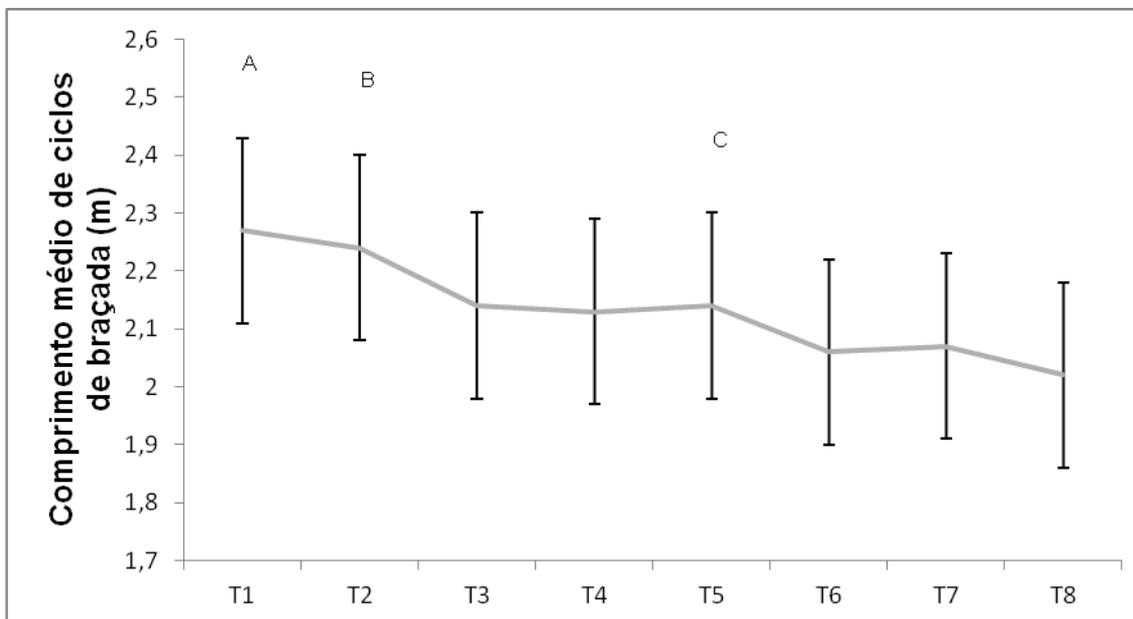
A variável frequência média de ciclos de braçada (FB), obtida nos trechos antecedentes às parciais dos 50 (T1), 100 (T2), 150 (T3), 200 (T4), 250 (T5), 300 (T6), 350 (T7) e 400 m (T8) da repetição máxima de 400 m é apresentada na Figura 1, a qual apresenta as comparações entre cada trecho.

**Figura 1** – Frequência de braçada (FB), em média e desvio-padrão, A representa diferença entre T1 e T8, B a diferença entre T2 e T4, T5, T6, T7 e T8, C a diferença entre T3 e T8, D a diferença entre T4 e T8, E a diferença entre T5 e T8 e F a diferença entre T6 e T8, n = 14.



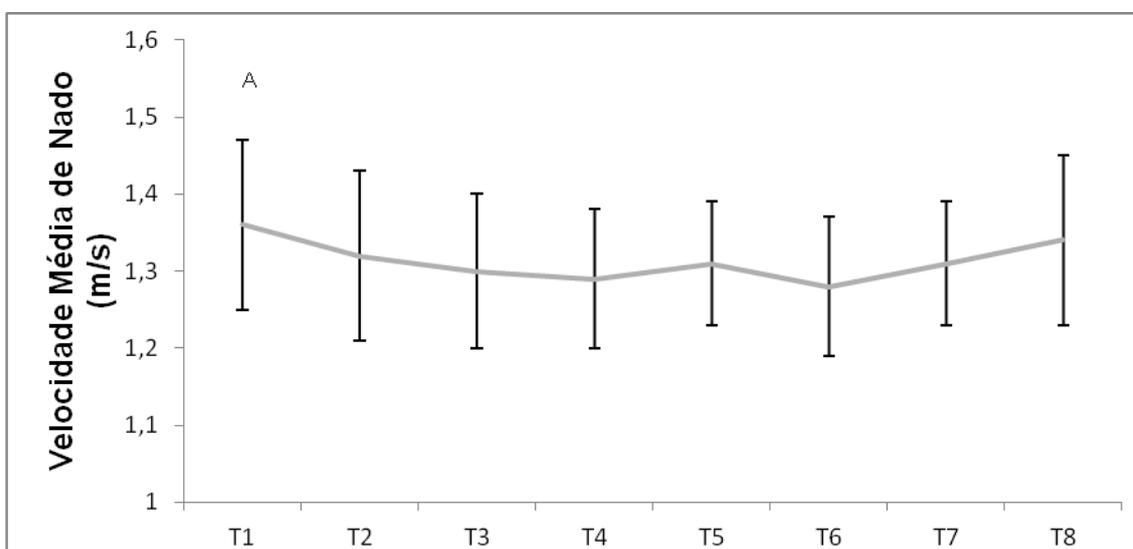
A Figura 2 apresenta os valores da variável comprimento médio percorrido por ciclo de braçada (CB). Estes valores foram obtidos nos mesmos trechos que antecedem as parciais dos 50 (T1), 100 (T2), 150 (T3), 200 (T4), 250 (T5), 300 (T6), 350 (T7) e 400 m (T8) do teste de 400 m máximo nado crawl e suas comparações estão na Figura 2.

**Figura 2** - Resultados obtidos na comparação dos valores de CB e seu respectivo DP. Foram encontradas diferenças significativas nos trechos: A entre T1 e T3, T4, T5, T6, T7 e T8, B entre T2 e T4, T5, T6, T7 e T8 e C entre T5 e T6, n = 14.



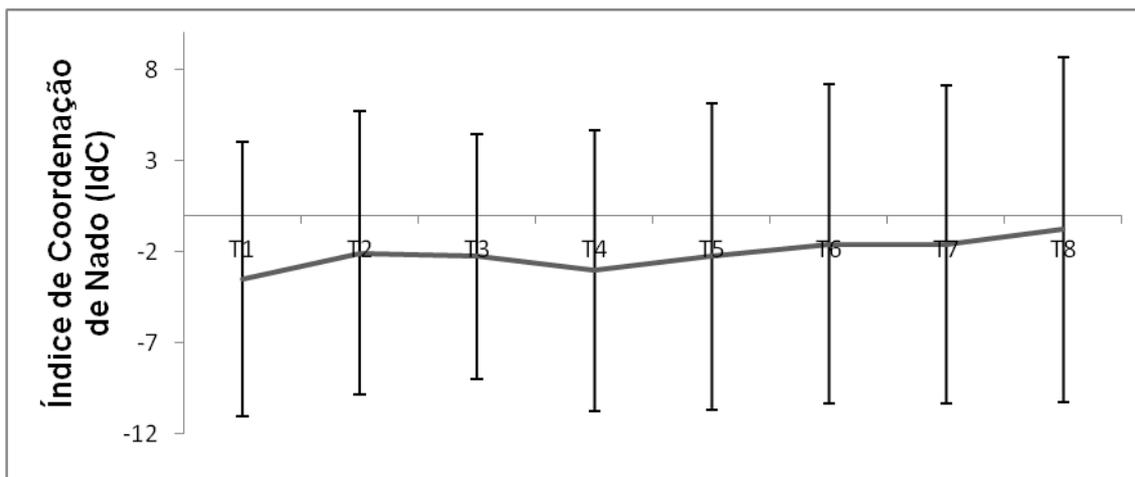
Na Figura 3 estão representados os resultados da variável velocidade média de nado (VN) obtida nos mesmos 8 trechos, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8 através da análise das variáveis FB e CB.

**Figura 3** - Resultados médios de VN e seu respectivos DP. Foram encontradas diferenças significativas apenas entre T1 e T3, T4 como demonstrado com o símbolo A, n = 14.



O índice de coordenação de nado (IdC) nos trechos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8 estão apresentados na Figura 4. Independente do trecho, o modelo de coordenação dos nadadores foi decaptação.

**Figura 4** – Índice de coordenação de nado, em média e DP, para os oito trechos analisados. Não foram identificadas diferenças entre trechos,  $n = 14$ .



As fases da braçada foram analisadas quanto a sua duração. Durante cada um dos oito trechos: T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, a duração destas fases foi analisada de forma individual, comparada entre cada momento e representadas na Tabela 3.

**Tabela 3** Duração média das fases da braçada (A, B, C e D) e seus respectivos desvios-padrão (DP). Diferença significativa apenas trecho T4 e T6, da fase B da braçada, o qual foi identificado como A.

	Fase A (%)	Fase B (%)	Fase C (%)	Fase D (%)
T1	30,02 ± 8,22	23,48 ± 5,9	22,84 ± 3,01	23,6 ± 3,21
T2	30,08 ± 8,6	23,65 ± 5,31	23,2 ± 3,43	23,16 ± 2,89
T3	30,02 ± 7,98	23,52 ± 4,93	23,47 ± 3,28	22,92 ± 2,74
T4	30,22 ± 8,07	23,45 ± 4,68*	23,51 ± 3,7	23,14 ± 2,86
T5	29,63 ± 8,57	24,32 ± 4,69	23,44 ± 3,72	22,74 ± 2,73
T6	29,73 ± 8,61	24,52 ± 5*	23,68 ± 3,69	22,42 ± 3,7
T7	28,95 ± 8,83	24,64 ± 5,32	24,11 ± 4,1	22,31 ± 2,8
T8	28,8 ± 8,87	25,03 ± 5,43	23,3 ± 3,73	23,04 ± 3,33

\* indica diferença para  $p < 0,05$ .

Diferenças foram encontradas apenas na fase B, entre os trechos 4 e 6. Foram analisados nos mesmos trechos: T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, o somatório das fases propulsivas e o somatório das fases não propulsivas do nado. Estes resultados estão na Tabela 4.

**Tabela 4** – Duração média das fases propulsivas e não propulsivas em cada trecho analisado dos 400 m. Não foram encontradas diferenças entre os trechos para as durações.

	Fases Propulsivas (%)	Fases Não Propulsivas (%)
T1	46,49 ± 8,1	53,44 ± 8,05
T2	46,98 ± 8,02	53,01 ± 8,02
T3	47,3 ± 7,39	52,75 ± 7,44
T4	47,04 ± 7,84	52,95 ± 7,83
T5	47,65 ± 8,06	52,14 ± 8
T6	47,94 ± 8,59	52,05 ± 8,59
T7	49,06 ± 9,14	50,93 ± 9,14
T8	48,92 ± 9,07	51,07 ± 9,07

## 5 DISCUSSÃO

Este estudo apresentou como objetivo geral analisar as variáveis cinemáticas do nado crawl nos momentos em que a velocidade não é influenciada pelo impulso de borda em uma repetição máxima de 400 m. Os principais resultados da pesquisa estão relacionados à manutenção da velocidade de nado (VN), ao longo dos 400 m, e comportamento inversamente proporcional das variáveis frequência de braçada (FB) e comprimento de braçada (CB) como principal mecanismo utilizado pelos atletas para a manutenção da VN; e, também, alterações no índice de coordenação de nado (IdC) apontaram para uma variação do modelo de coordenação de nado nos trechos finais do teste.

Frequência média de braçadas (FB) e comprimento médio por ciclo de braçadas (CB) tendem a se alterar de acordo com os níveis de fadiga do indivíduo durante a execução de alguma série de treinamento ou repetição em alta intensidade (VILAS-BOAS et al., 2001) e são representantes da capacidade técnica de um nadador (TOUSSAINT, 1990).

Neste estudo, a FB apresentou incremento em seu comportamento comparando-se os trechos iniciais aos trechos finais (Figura 1). Com relação ao CB, foram obtidos resultados de redução significativa entre os trechos iniciais T1 e T2, e os seis demais trechos analisados, sendo esta redução progressiva com o passar dos trechos (Figura 2). A velocidade média de nado (VN) apresentou-se constante, sem variações significativas, obtendo-se comportamento similar nos trechos avaliados.

Comportamentos semelhantes foram encontrados em estudos já realizados. No estudo de Pelarigo (2010), nove nadadores de fundo e meio-fundo apresentaram, em série de treinamento intervalado de alta intensidade, aumento significativo da FB entre o décimo e o trigésimo minuto nos percentuais de 100 e 102,5% da máxima fase estável de lactato de forma contínua, no mesmo estudo, pode ser observada também, redução significativa do CB no mesmo período entre o décimo e o trigésimo minuto.

Analisando FB, CB e VN pode-se verificar que com o intuito de manter a velocidade ou até mesmo aumentá-la nos trechos finais do protocolo, ocorreu um comprometimento da técnica de nado, que pode ser explicado pela diminuição significativa do CB, assumindo que o treinamento da técnica busca aumento da capacidade propulsiva do atleta e consequente aumento da distância percorrida por ciclo de braçada. Como resposta à diminuição do CB foi percebida significativo aumento da FB. Este resultado foi semelhante ao encontrado pelo estudo de Alberty (2009), no qual foram avaliados dez nadadores treinados que nadaram até a fadiga em três intensidades distintas apresentando incremento da FB, diminuição do CB a fim de manter determinado desempenho e VN.

Este mecanismo, inversamente proporcional, que ocorre entre FB e CB para manutenção ou aumento de VN com o incremento da intensidade de nado deve atrair a atenção dos treinadores nos momentos de prescrição e avaliação de treinamento em natação, como sugere Franken (2011). Sabe-se que os maiores valores de CB são obtidos por nadadores que apresentam mais elevado nível técnico (PELARIGO et al., 2007), assim, considerando VN como produto entre FB e CB, estes atletas atingem menores valores de FB com o aumento da VN. Estima-se que com o controle de FB em sessões de treinamento, o incremento do CB apareceria como principal objetivo para a manutenção da equação de VN, proporcionando ganhos na técnica de nado mesmo que em altas intensidades.

No presente estudo foi verificado que o índice de coordenação de nado (IdC) não apresentou diferenças significativas entre os trechos da repetição máxima de 400 m. Os atletas adotaram o modelo de nado captura (Figura 4), o qual é normalmente utilizado em menores velocidades de nado (CHOLLET, SEIFERT, 2009), entretanto nos trechos finais do teste houve aumentos nos valores de IdC, o que aponta para o modelo de oposição de nado. Estes resultados indicam que os atletas alteraram sua técnica de nado buscando um modelo de coordenação de nado mais rápido para a manutenção da VN.

Schnitzler (2009), avaliou doze indivíduos, seis homens e seis mulheres, todos nadadores de nível nacional francês. Eles realizaram um teste de 400 m máximo e efetuaram três testes posteriormente, 100, 200 e 300 m utilizando esta velocidade máxima de 400 m. Em suas análises, Schnitzler encontrou

resultados similares para o IdC, não apresentando diferenças significativas nos valores encontrados.

Na repetição máxima de 400 m foi possível verificar que os valores das durações das fases da braçada apresentaram diferença significativa apenas entre T4 e T6 da fase B (Tabela 3), porém as durações das fases A, C e D não tiveram alterações durante o teste. É interessante observar que, vistas de modo percentual, a duração das fases propulsivas demonstraram comportamento ascendente enquanto a duração das fases não propulsivas apresentaram-se de forma descendente, o que pode indicar mudança no modelo de coordenação de nado.

No estudo de Seifert (2004), 14 nadadores de elite realizaram oito tiros consecutivos em velocidades acima da máxima velocidade de 3000 m. Quando aumentada a velocidade de nado, até equivalente à V100, foi observado variação na coordenação de nado consequente da alteração da duração das fases da braçada, que apresentou queda na duração da fase A enquanto ocorreu incremento temporal nas fases B e C (em termos relativos ao tempo total da braçada). Este resultado proporcionou aumento na duração da fase propulsiva igualmente ao estudo aqui apresentado.

## 6 CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo indicam que em repetição máxima de 400 m:

1. as variáveis cinemáticas apresentaram redução do CB e incremento da FB, mecanismo que pode ser resultante de um comprometimento da técnica de nado na tentativa de manter a máxima velocidade de nado;
2. o IdC não demonstra alteração ao longo de teste com estas características, apenas possui comportamento ascendente de forma cronológica, apontando que, para a manutenção da VN, nadadores podem alterar seu modelo de coordenação de nado, do modelo em captura, para o modelo de nado em oposição;
3. a duração das fases da braçada não demonstram variações significativas, entretanto, ambas as fases propulsivas, B e C, apresentam comportamento ascendente entre os trechos, o que pode ser explicado pela tentativa de aumentar o tempo de aplicação de força propulsiva, relativo ao tempo total da braçada, por parte dos nadadores;

## REFERÊNCIAS

ALBERTY, M.; SIDNEY, M.; HUOT-MARCHAND, F. Reproducibility of performance in three types of training tests in swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, p. 623-628, 2006.

ALBERTY, M. et al. Stroking characteristics during time to exhaustion tests. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 3, p. 637-644, 2009.

CASTRO, F. A. S. **Determinantes do desempenho para a prova de 200 m nado livre**. 2007. Tese (Doutorado em Ciências do Movimento Humano) - Escola de Educação Física, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

CASTRO, F. S.; GUIMARÃES, A. C. S.; MORÉ, F.; LAMMERHIRT, H., MARQUES, A. Cinemática do Nado *Crawl* sob diferentes intensidades e condições de respiração de nadadores e triatletas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 19, n. 3, p. 223-232, 2005

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.

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

COSTILL, D.; MAGLISCHO, B. & RICHARDSON, A. **Swimming**. Blackwell. Oxford, UK. (1992)

DEKERLE, J.; BRICKLEY, G.; ALBERTY, M.; PELAYO, P. Characterising the slope of the distance–time relationship in swimming. **Journal of Science and Medicine in Sport**, in press, 2009.

FRANKEN, M. et al. Relação entre cinemática e antropometria de nadadores recreacionais e universitários. **Revista Motriz**, v. 14, n. 3, p. 329-336, 2008.

HAY, J. G., GUIMARÃES, A. C. S. A Quantitative Look at Swimming Biomechanics **Swimming Technique**. 20 (2), 11-17, 1983.

HUOT-MARCHAND, F. et al. Variations of stroking parameters associated with 200 m competitive performance improvement in top-standard front crawl swimmers. **Sports Biomechanics**, v. 4, n. 1, p. 89-100, 2005.

MAGLISCHO E. W. **Swimming fastest: the essential reference on technique, training and program design**. Human Kinetics, (2003).

MARINHO, D. A. ; VILAS-BOAS, J.P. ; KESKINEN, K. L.; RODRÍGUEZ, F. A.; SOARES, S. M.; CARMO, C. M.; VILAR, S. O.; FERNANDES, R. J. The behaviour of kinematic parameters during a time to exhaustion test at VO<sub>2</sub>MAX in elite swimmers. **Journal of Movement Studies**, v. 51, p. 001-010, 2006.

MILLET, G, P.; CHOLLET, D.; CHALIES, S.; CHATARD, J. C. Coordination in front crawl in elite triathletes and elite swimmers. **International Journal of Sports edicine**, New York, v. 23, p. 99-104, 2002

MORÉ, F. C.; MOTA, C. B. **Determinação da coordenação de nado por meio da análise cinética e cinemática no estilo crawl**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) - Escola de Educação Física, UFRGS, Porto Alegre, 2008.

PELARIGO, J. G. et al. Índices técnicos correspondentes à velocidade crítica e à máxima velocidade de 30 minutos em nadadores com diferentes níveis de performance aeróbia. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v. 13, p. 148-152, 2007.

PELARIGO, J. G.; GRECO, C. C. 2009. **Coordenação da ação dos braços no nado crawl analisada em diferentes intensidades nos exercícios contínuo e intermitente**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Motricidade Humana) – Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro, 2009.

SCHNITZLER, C.; SEIFERT, L.; CHOLLET, D. Variability of coordination parameters at 400-m front crawl swimming pace. **Journal of Sport Sciences and Medicine**, v. 8, p. 203-210, 2009.

SEIFERT, L. et al. 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.; CHATARD, J. C. Kinematic changes during a 100-m front crawl: effects of performance level and gender. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 39, p. 1784-93, 2007.

SEIFERT, L. et al. 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, n. 2, p. 92-4, 2006.

SMITH, D.; NORRIS, S.; HOGG, J. Performance Evaluation of Swimmers. Scientific Tools. **Sports Medicine**, v. 32, n. 9, p. 539-554, 2002.

TOUSSAINT, H. M.; BEEK, P. J. Biomechanics of competitive front *crawl* swimming. **Sports Medicine**, v. 13, n. 1, p. 8-24, 1992.

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 afecção da técnica de nado pela fadiga específica da prova de 200 m livres. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Biomecânica**. Gramado, 2001, 31-41.

WAKAYOSHI, K. et al. Relationship Between Oxygen Uptake, Stroke Rate and Swimming Velocity in Competitive Swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v. 16, p. 19-23, 1995.

YANAI, T. Stroke frequency in front crawl: its mechanical link to the fluid forces required in nonpropulsive directions. **Journal of Biomechanics**, New York, v. 36, n. 1, p. 53-62, 2003.

## Anexo 1

Termo de consentimento livre e esclarecido

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

**Título do Projeto:** Análise espaço-temporal do nado crawl em teste máximo de 400 m

**Objetivos:** Configura-se, como objetivo geral deste projeto, verificar as variáveis cinemáticas e coordenativas ao longo de quatro trechos dos 400 m nado crawl em máxima intensidade.

**Pesquisadores:** Tiago Perin Cardoso, Flavio Antônio de Souza Castro e Marcos Franken.

### **Termo de Consentimento do Participante e Sumário Informativo**

Prezado colaborador

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

A seguir, seguem-se as informações a respeito do estudo:

Será realizado uma repetição de 400 m nado crawl em intensidade máxima. O objetivo deste estudo é analisar o comportamento das variáveis cinemáticas: frequência de braçada, comprimento de braçada, velocidade de nado; e das variáveis coordenativas (índice de coordenação de braçada e duração das fases da braçada) em oito momentos: 25-50 m, 75-100 m, 125-150 m, 175-200 m, 225-250 m, 275-300 m, 325-350 m, 375-400m.

Serão anotados os seus dados pessoais, com as seguintes informações: nome, telefone, idade e dados antropométricos (massa, envergadura, estatura e dobras cutâneas).

**Riscos e benefícios:** Com sua participação neste projeto, você estará nos ajudando a compreender melhor sua adequação técnica às respostas de demanda da intensidade em série de treinamento intervalado em natação, assim, possibilitará auxílio à você e à outros atletas de alto nível. Este estudo não acarreta riscos, no entanto você poderá sentir dor muscular tardia,

após os testes, assim como após qualquer sessão de treinamento de grande intensidade ou competição.

**Acompanhamento e ressarcimento:** Todos os testes serão realizados por profissionais qualificados. O serviço de emergência e profissionais treinados estarão disponíveis para lidar com situações incomuns. Qualquer despesa eventual necessária para sua participação neste projeto será ressarcida e, no caso da ocorrência de qualquer dano pessoal, a indenização é garantida.

**Confidencialidade:** Será garantida a privacidade dos seus dados pessoais. Os resultados do teste serão divulgados por meio de artigos científicos, porém, em nenhum momento serão divulgados o seu nome, imagem e qualquer dado pessoal.

Sua assinatura indica que você entendeu a informação relativa à sua participação e que você concorda em participar do estudo. 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 Marcos Franken (fone 9102-8285), Flávio Castro (fone 8122-3436) ou diretamente com o Comitê de Ética em pesquisa da UFRGS (fone 3308-3629) Este termo foi elaborado em duas vias. Uma delas ficará em seu poder e a outra em poder do pesquisador.

---

Nome e assinatura pesquisador

---

Nome e assinatura do colaborador

Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_