

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Comparação das características da curva de força gerada pelo palmateio propulsivo na
posição de frente direção cabeça, estando o indivíduo preso a diferentes materiais:
tubo elástico e cabo de aço

Catiane Souza

Porto Alegre
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

**Comparação das características da curva de força gerada pelo palmateio
propulsivo na posição de frente direção cabeça, estando o indivíduo preso a
diferentes materiais: tubo elástico e cabo de aço**

Catiane Souza

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título Bacharel em
Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Fagundes Loss
Coorientadora: Prof.^a Msc. Lara Elena Gomes

Porto Alegre
2012

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente aos meus maiores mestres, minha mãe e meu pai, que sempre me guiaram com muito amor, ensinando-me a manter a cabeça erguida e o passo firme, a nunca desistir e fazer o meu melhor, buscando sempre ir mas longe!

À minha grande família e aos meus amigos, em especial à Letícia, por sua paciência sem fim e incentivo ao longo destes anos.

Aos meus professores desde a pré-escola até a graduação, por todos os ensinamentos, principalmente àqueles que me passaram mais do que lições escolares, que me ensinaram a encarar o mundo de uma forma diferente, persistente e por vezes teimosa – Tia Ana, Verinha, Mary Grace, Chiapetti, Gaya, Malu, Mauro...

Aos professores que me oportunizaram participar de projetos de extensão nesta Universidade, Raquel, Érica, Helena, e Flávio Castro – a quem agradeço de forma especial por confiar no meu trabalho, e também por toda a ajuda prestada em bate-papos na beira da piscina.

Ao Marcão que me acompanha desde os 15 anos, e contribuiu muito para que eu me tornasse a profissional que hoje sou.

Ao Grupo de Investigação da Mecânica do Movimento – BIOMECH, que me ensinou o que é realmente trabalhar em grupo, me permitiu conviver com companheiros maravilhosos – Débora, Lara, La Torre, Jo, Mari, Ale, Gui, Ju, Lucas, Artur, Rothmann, Kaa, Ju Sedrez, Matias. Sem os quais eu realmente estaria perdida.

Ao meu orientador, Jefferson Loss – Jeffe, que me abriu as portas de seu grupo, me acolheu e sempre esteve disponível, com muita paciência para tudo que precisei.

À minha co-orientadora, Lara Elena Gomes, que conseguiu lapidar um trabalho completamente bruto - e só nós sabemos o quão difícil foi! – por todo o tempo, dedicação e também por todas as cobranças e puxões de orelha, certamente levarei para minha vida muito do que aprendi enquanto estava sob sua orientação. Obrigada por dividir comigo um pouco do seu conhecimento, da sua experiência.

E por fim, mas não menos importante, ao meu marido, Tiago Barreto, por todo carinho, compreensão, amor e por jamais ter me permitido sequer pensar em desistir. Ti, essa vitória também é tua!

RESUMO

Comparação das características da curva de força gerada pelo palmateio propulsivo na posição de frente direção cabeça, estando o indivíduo preso a diferentes materiais: tubo elástico e cabo de aço

Catiane Souza

Orientador Prof. Dr. Jefferson Fagundes Loss

Em esportes aquáticos, uma forma de avaliar a força propulsiva gerada para deslocar-se é por meio do nado amarrado ou por meio do nado semiamarrado. Estes consistem, respectivamente, em o indivíduo executar a técnica amarrado a um cabo de aço ou a um tubo elástico, o qual pode estar preso a uma célula de carga fixada na borda da piscina. Na literatura, observa-se que a maioria utiliza cabo de aço e, comparando os resultados dos estudos que utilizaram tais materiais, são encontradas discrepâncias. A partir disso, o objetivo do presente trabalho foi comparar as características da curva de força gerada pelo palmateio propulsivo na posição de frente direção cabeça, estando o indivíduo preso a diferentes materiais: tubo elástico e cabo de aço. Para isso, a amostra foi composta por 10 indivíduos. Cada um realizou os testes de nado amarrado (preso com cabo rígido) e nado semiamarrado (preso com tubo elástico), de forma aleatória, por 30 segundos na máxima intensidade possível, realizando palmateio propulsivo direção cabeça. Foi usada uma célula de carga para medir a força aplicada em cada teste. A partir das curvas de força em relação ao tempo, foram obtidas as seguintes variáveis: forças máxima, máxima relativa, média, média inicial e média final, o índice de fadiga e o impulso. Todas as variáveis, exceto a força média, apresentaram diferenças significativas. Os resultados indicaram que a característica da curva de força tende a ser diferente dependendo do material utilizado para prender o sujeito, o que afeta a comparação entre estudos que usaram diferentes protocolos (nado amarrado ou semiamarrado).

PALAVRAS-CHAVE

Nado amarrado. Nado semiamarrado. Força propulsiva. Natação. Biomecânica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Representação do nado amarrado	14
Figura 2.	Força aplicada em relação à força mensurada na célula de carga.....	22
Figura 3.	Curva de calibração do tubo elástico.....	22
Figura 4.	Teste de nado amarrado de um participante.....	25
Figura 5.	Teste de nado semiamarrado do mesmo participante.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

FF	Força média final; média de todos os valores de força nos últimos 5 s de teste
FI	Força média inicial; média de todos os valores de força nos primeiros 5 s de teste
F _{máx}	Força máxima
FMR	Força máxima relativa
Hz	Hertz; unidade de frequência
IF	Índice de fadiga
kg	Quilograma; unidade de massa
m	Metro; unidade de comprimento
N	Newton; unidade de força
n	Tamanho amostral
N.s	Newton vezes segundo; unidade de impulso
P	Peso
p	Nível de significância
<i>r</i>	Tamanho de efeito
R ²	Coefficiente de determinação
s	Segundo; unidade de tempo
<i>t</i>	Estatística teste de Student

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 PALMATEIO	10
2.2 FORÇAS HIDRODINÂMICAS	11
2.2.1 Força de sustentação	11
2.2.2 Força de arrasto propulsivo	12
2.2.3 Arrasto resistivo.....	12
2.3 Nados amarrado e semiamarrado	14
3 MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1 DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS	19
3.1.1 Variáveis independentes	19
3.1.2 Variáveis dependentes.....	19
3.2 Método de abordagem	20
3.3 Aspecto ético	20
3.4 Dimensão da amostra.....	21
3.5 Instrumento de coleta de dados	21
3.6 Procedimento de coleta de dados.....	22
3.7 Análise dos dados	23
3.8 Procedimentos estatísticos.....	24
4 RESULTADOS	25
5 DISCUSSÃO	27
6 CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS	31
APÊNDICE 1	34
APÊNDICE 2	36
APÊNDICE 3	37

1 INTRODUÇÃO

Em atividades aquáticas, como no nado sincronizado, é realizado um movimento denominado palmateio. Este é um gesto tridimensional executado pelos braços e pelas mãos, que descreve a figura de um oito ou uma forma oval (HOMA; HOMA, 2006; ITO, 2006). O palmateio tem como objetivo gerar sustentação, podendo também gerar deslocamento (HERCOWITS, 2004). Esse deslocamento, estando o sujeito em decúbito dorsal, ventral ou lateral, pode ser tanto em direção aos pés quanto em direção à cabeça¹. No entanto, caso o indivíduo encontre-se na posição vertical, de cabeça para cima ou para baixo, o deslocamento pode ser para baixo ou para cima.

Apesar da importância desse gesto no nado sincronizado, no pólo aquático e na natação, são escassos os estudos que investigam a mecânica desse movimento (DIOGO *et al.*, 2010). Apesar disso, uma forma que a mecânica desse gesto está sendo investigada é por meio do nado amarrado, também chamado teste de nado estacionário ou nado atado (DIOGO *et al.*, 2010; GOMES, 2010; GOMES *et al.*, 2011).

O teste conhecido como nado amarrado consiste em prender o nadador à borda da piscina e, por meio de um dispositivo, medir a tensão desenvolvida nesse dispositivo enquanto ele executa uma determinada técnica (YEATER *et al.*, 1981; AKIS; ORCAN, 2004). Ainda, é considerado uma avaliação específica da natação, uma vez que sabe-se que as particularidades do meio líquido interferem no desempenho do nado (RISCH; CASTRO, 2007; REZENDE, 2010; SANTOS, 2010).

Na literatura, são encontradas três formas de prender o sujeito: usando cabo de aço (DIOGO *et al.*, 2010; SANTOS, 2011; BARBOSA *et al.*, 2012) ou tubo elástico (MAGLISCHO; MAGLISCHO, 1986; KJENDLIE; THORSVALD, 2006; REZENDE, 2010; GOMES *et al.*, 2011), presos diretamente à borda, ou à célula de carga, e, menos usual que os anteriores, utilizando cargas livres (SWAINE; DOYLE, 1999). De acordo com a literatura, nado amarrado é aquele que utiliza cabo de aço preso à borda da piscina, não permitindo assim deslocamento (MOROUÇO, 2009; DIOGO *et al.*, 2010; SANTOS, 2011). Já quando se utiliza os demais materiais – tubo elástico e cargas livres – denomina-se nado semiamarrado, por que possibilita o deslocamento do sujeito, em especial, quando este é preso ao tubo elástico (MAGLISCHO; MAGLISCHO, 1986; RISCH; CASTRO, 2007; REZENDE, 2010).

¹ O termo correto é “palmateio propulsivo na direção horizontal, sentido cabeça”, porém, como na prática usa-se o termo “direção cabeça”, esta será a forma empregada ao longo de toda a monografia.

A partir de alguns estudos, é possível observar que a maioria utiliza cabo de aço preso à célula de carga (RISCH; CASTRO, 2007; PAPOTI, 2007; MOROUÇO, 2009; DIOGO *et al.*, 2010; SANTOS, 2011). Por outro lado, o tubo elástico é um equipamento comum no treino da natação e também pode ser usado na avaliação (KJENDLIE; THORSVALD, 2006; REZENDE, 2010). Considerando essas diferentes maneiras de fixar o indivíduo e a carência de estudos sobre a mecânica do palmateio, surge a necessidade de um estudo que realize a comparação das curvas de força gerada no palmateio propulsivo, por exemplo, em decúbito ventral e direção cabeça, estando o indivíduo preso a diferentes materiais: tubo elástico (no teste de nado semiamarrado) e cabo de aço (no teste de nado amarrado).

Por meio do nado amarrado e do nado semiamarrado, pode-se monitorar continuamente a força originada ao longo das braçadas que é necessária para gerar propulsão, vencer as forças de arrasto do meio e incrementar a velocidade do nado (RISCH; CASTRO, 2007; SANTOS, 2011). Essa força medida é referida como força propulsiva efetiva, ou seja, é a componente da força resultante que atua na direção do movimento desejado (PAYTON; BARTLETT, 1995; GOURGOULIS *et al.*, 2008).

Apesar de ser uma alternativa específica de avaliação, o nado amarrado e o nado semiamarrado apresentam restrições, como o deslocamento nulo e uma ligeira modificação na posição do corpo na água, respectivamente. (MAGLISCHO; MAGLISCHO, 1984; SANTOS, 2010). Segundo Arellano e Pardillo (2007), que compararam palmateio com deslocamento e palmateio estacionário, a ausência de deslocamento gera mudanças no escoamento. No palmateio com deslocamento, os vórtices² gerados mantêm a rotação por vários segundos enquanto se expandem, já no palmateio estacionário, os vórtices são movidos para trás enquanto a mão se mantém no mesmo plano. Tal mudança no comportamento do escoamento pode levar a alguns questionamentos quanto à especificidade e à aplicabilidade dos resultados encontrados em nado amarrado e em nado semiamarrado. Por exemplo, Maglischo e Maglischo (1984), quando compararam as fases da braçada em nado livre e em nado amarrado, concluíram, enquanto métodos de treino e instrumento de testagem, que o uso do nado amarrado é questionável, pois a trajetória braçada é afetada, de maneira diferente para cada material utilizado (cabo de aço e tubo elástico cirúrgico).

²Segundo Fox *et al.* (2006), vórtice é um modelo de escoamento no qual as linhas de corrente formam círculos concêntricos.

Rezende (2010) acredita que há uma discrepância de resultados entre estudos que avaliaram a força propulsiva efetiva usando cabo de aço rígido e tubo elástico, uma vez que, possivelmente, o tubo possibilitaria uma dissipação de força. Dessa forma, Rezende (2010) assume que a força aplicada em um extremo do tubo elástico é diferente da força medida no outro, assim o teste com o tubo subestimaria os valores da força propulsiva efetiva.

Logo, as diferentes restrições apresentadas conduzem à seguinte questão: quais as diferenças das curvas de força gerada pelo palmateio propulsivo na posição de frente direção cabeça, estando o indivíduo preso a diferentes materiais: tubo elástico e cabo de aço? A partir dessa dúvida, o objetivo do presente estudo foi comparar as características da curva de força gerada pelo palmateio propulsivo na posição de frente direção cabeça, estando o indivíduo preso a diferentes materiais: tubo elástico e cabo de aço.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O palmateio é um movimento de grande importância para as modalidades aquáticas tais como a natação, o pólo aquático e o nado sincronizado (GOMES, 2010). Para compreender esse movimento, suas características e suas particularidades, bem como uma forma de avaliá-lo, foi escrita essa revisão de literatura, a qual abrangeu os seguintes tópicos: (1) palmateio, (2) forças hidrodinâmicas, (3) impulso e (4) nados amarrado e semiamarrado.

2.1 PALMATEIO

O palmateio, no nado sincronizado, é um movimento executado pelas mãos e pelos braços com intuito de sustentar e deslocar o corpo sobre a água durante a realização de posições e figuras (ITO, 2006; GOMES, 2010). É um gesto tridimensional executado pelos braços e pelas mãos, que descreve geralmente a figura de um oito ou uma forma oval (SCHLEIHAUF, 2004; HOMMA; HOMMA, 2006; ITO, 2006).

O palmateio é a combinação de movimentos de *in-sweep* (varredura para dentro) e *out-sweep* (varredura para fora), sendo que, no *out-sweep*, a rádio-ulnar realiza pronação e, no *in-sweep*, a rádio-ulnar realiza supinação (ITO, 2006). Homa e Homa (2006) explicam o palmateio como um movimento repetitivo, dividido em duas fases: *in-scull* (movimento para dentro) e *out-scull* (movimento para fora), e a mudança entre estas, caracteriza-se como uma fase de transição.

O palmateio, em suas mais diversas formas, tem como objetivo gerar sustentação (ITO, 2004), nas posições de decúbito ventral, de decúbito lateral, de decúbito dorsal ou nas posições verticais (tanto de cabeça para cima, quanto de cabeça para baixo), podendo também gerar deslocamento, em direção à cabeça ou em direção aos pés e/ou para cima ou para baixo dependendo da orientação da mão. Na verdade, a força gerada pode ter qualquer direção e sentido (GOMES, 2010).

Para exemplificar o deslocamento, pode-se dizer que, quando o palmateio é realizado com a palma da mão predominantemente em uma posição horizontal, exerce pressão na direção vertical, proporcionando o apoio necessário para auxiliar na sustentação e no equilíbrio do corpo na posição assumida na água. Porém, quando o que se deseja é a propulsão e a sustentação, torna-se necessário modificar o ângulo (pelo punho) para obter um plano intermediário entre a horizontal e a vertical (HERCOWITZ,

2004). Independentemente, tanto o deslocamento quanto a sustentação do corpo sobre a água dependem das forças hidrodinâmicas propulsivas geradas pelo movimento de palmateio.

2.2 FORÇAS HIDRODINÂMICAS

Classicamente, a propulsão no meio líquido é conhecida como o equilíbrio entre as forças hidrodinâmicas resistivas e as forças hidrodinâmicas propulsivas, objetivando minimizar a primeira ao mesmo tempo em que se procura maximizar a última (TOUSSAINT; BEEK, 1992; LOSS; CASTRO, 2010). Segundo Arellano, Terrés-Nicoli e Redondo (2006), as forças hidrodinâmicas propulsivas abrangem a força de sustentação e o arrasto propulsivo. Estes, quando consideramos um fluxo instável, fazem com que o campo de pressão resultante exercida pelo fluido sobre a superfície do corpo, responsável para a propulsão, se torne também instável, variando de forma diferente com o tempo e posição (TOUSSAINT; BEEK, 1992; LOSS; CASTRO, 2010). Dessa forma, o arrasto de propulsão e as forças de sustentação desenvolvida pela mão de um nadador em um determinado momento são dependentes não apenas da velocidade e do tempo, mas também da aceleração dessa mão (ARELLANO; TERRÉS-NICOLI; REDONDO, 2006).

2.2.1 Força de sustentação

A força de sustentação não age necessariamente de baixo para cima, sua direção da atuação é perpendicular à direção de propagação, e pode ser considerada como o resultado da diferença de pressão (LOSS; CASTRO; 2010). Isto é explicado pelo Princípio de Bernoulli que foi formulado pelo matemático suíço Daniel Bernoulli (1700-1782), o qual afirma que, à medida que a velocidade de um fluido aumenta, a pressão que ele exerce diminui. Assim sendo, a maior velocidade é associada a menor pressão e vice-versa (COLWIN, 2010; GOMES, 2010):

“...as moléculas de água que chegam juntas no início da palma da mão e do dorso devem passar pela mão e chegar juntas no final do dorso e da palma. Como a molécula de água que passa por cima

do dorso percorre uma maior distância, ela deve ter uma velocidade maior, gerando menor pressão; já a molécula que passa por baixo do dorso da mão percorre uma menor distância, por isso ela deve ter uma velocidade menor, gerando maior pressão” (Lara Elena Gomes, 2010, p.27).

2.2.2 Força de arrasto propulsivo

A força de arrasto propulsivo surge da movimentação e do contato das moléculas de água próximas à superfície desse corpo (LOSS; CASTRO, 2010). De acordo com Hall (2009), a teoria do arrasto propulsivo foi proposta por Counsilman e Silvia e é baseada na terceira Lei de Newton. De acordo com essa teoria, à medida que as mãos e os braços do nadador movimentam-se para trás através da água, a força de reação direcionada para frente é a força de arrasto propulsivo (HALL, 2009; LOSS; CASTRO, 2010).

2.2.3 Força de arrasto resistivo

As forças de arrasto resistivo são aquelas que oferecem resistência ao deslocamento do sujeito. Podem ser divididas em: arrasto de pressão, arrasto de fricção e arrasto de onda.

2.2.3.1 Arrasto de pressão

Quando um nadador impulsiona-se na borda, após a virada e adota uma posição mais hidrodinâmica, assumindo uma forma “mais afunilada”, com os braços alongados e a cabeça alinhada ao restante do corpo, terá seu movimento perceptivelmente facilitado que se mantivesse o pescoço hiperextendido, “elevando” a cabeça acima do nível dos ombros (LOSS; CASTRO, 2010). Segundo Loss e Castro (2010), isso é explicado pelo arrasto de pressão, que pode ser descrito por uma mudança de direção no vetor velocidade, que resulta em uma aceleração e conseqüentemente em uma força associada. Portanto, um corpo com superfícies arredondadas e curvas suaves, fará com que as moléculas de água pelas quais ele cruza mudem menos bruscamente de direção que um corpo com ângulos retos (HALL, 2009; LOSS; CASTRO, 2010).

Diversos fatores afetam a magnitude do arrasto de pressão, incluindo a velocidade relativa do corpo em relação ao fluido, a magnitude do gradiente de pressão entre as extremidades anterior e posterior do corpo e o tamanho da superfície alinhada perpendicularmente ao corpo (HALL, 2009). Porém, apenas diminuir o arrasto de pressão não é suficiente para intensificar a propulsão, para tal será necessário, dentre outras coisas, o entendimento e aprimoramento das outras formas de arrasto.

2.2.3.2 Arrasto de fricção

Segundo Hall (2009), o arrasto de fricção é sempre um componente de força, que age sobre um corpo que se movimenta em relação a um fluido. Algumas moléculas que entrarem em contato direto com o corpo do nadador serão “arrastadas” juntamente a ele e, por sua vez, irão afetar outras moléculas próximas que também irão se movimentar (LOSS; CASTRO, 2010). Para tal, o corpo fará uma pequena força sobre cada uma dessas moléculas e, conseqüentemente, uma força de reação (de acordo com a Terceira Lei de Newton) atuará sobre o corpo (HALL, 2009; LOSS; CASTRO, 2010). A soma dessas forças de reação irá compor a força de arrasto de fricção (LOSS; CASTRO, 2010).

Diversos fatores influenciam a magnitude do arrasto de fricção, seu valor aumenta proporcionalmente aos aumentos da velocidade relativa do fluxo do fluido, à área da superfície do corpo sobre a qual fluxo ocorre, à aspereza da superfície corporal e à viscosidade do fluido (HALL, 2009).

2.2.3.3 Arrasto de onda

O arrasto de onda é caracterizado pelas ondas formadas pelos movimentos do nadador no meio e pode ser o principal elemento que contribui para o arrasto total (HALL, 2009). Este atua na interface entre dois fluidos, por exemplo, água e ar (HALL, 2009). Uma aplicação prática desse arrasto é quando o nadador movimenta um segmento corporal ao longo, próximo ou através da interface entre a água e o ar, forma-se uma onda no fluido mais denso (água), sendo que a força de reação que a água exerce sobre o nadador constitui a resistência de onda (CASTRO, 2002; HALL 2009).

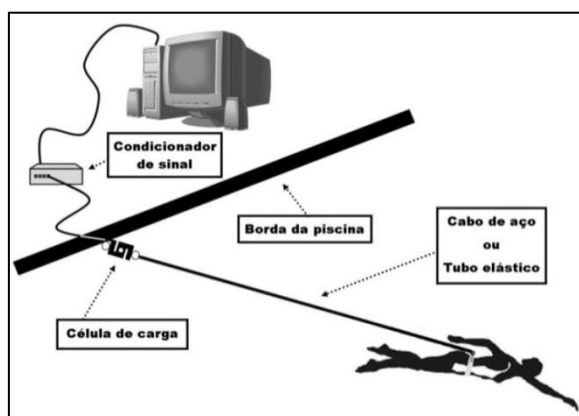
Segundo Hall (2009), a magnitude do arrasto de onda aumenta quanto maior for a velocidade do nado, a altura da onda de proa gerada à frende de um nadador aumenta de modo proporcional ao aumento da velocidade do nado, porém em determinada velocidade, os atletas mais habilidosos produzem ondas menores do que os menos habilidosos. E em altas velocidades de nado, o arrasto de onda é em geral o principal componente do arrasto total que atua sobre o nadador, o que explica o impulso e a predominância do deslocamento submerso após a virada (HALL, 2009, SANTOS, 2011).

Todas as forças supracitadas (propulsivas e resistivas) quando somadas provêm uma força resultante, sendo que o componente da força resultante que atua na direção do movimento desejado é força propulsiva efetiva (GOURGOULIS *et al.*, 2008). Essa força pode ser estimada por meio dos testes de nado amarrado e de nado semiamarrado.

2.3 NADOS AMARRADO E SEMIAMARRADO

O nado amarrado consiste em o indivíduo executar a técnica, amarrado a um cabo que pode estar fixado a uma célula de carga, e esta presa à borda da piscina (RISCH; CASTRO, 2007; REZENDE, 2010). Segundo Santos (2011), a técnica em nado amarrado fixa o nadador pela cintura, por meio de um cabo fixo a um dispositivo de medição de força (células de carga). Já Moré (2008) descreve que o teste de nado amarrado consiste, basicamente, em o nadador permanecer 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 durante o nado, desloque-se para frente (Figura 1).

Figura 1. Representação do teste de nado amarrado (adaptada de Papoti *et al.*, 2003).



Por meio do nado amarrado, pode-se monitorar continuamente a força originada ao longo das braçadas que é necessária para gerar propulsão, vencer as forças de arrasto do meio e incrementar a velocidade do nado (RISCH; CASTRO, 2007; SANTOS, 2011). Tais mensurações, apesar de apresentarem um valor de força propulsiva diferente do nado livre, podem ser utilizadas para predição de desempenho (YETER *et al.*, 1981; RISCH; CASTRO, 2007).

Conforme Moré (2008) explica, a partir das deformações mensuradas na célula de carga, esta gera um sinal elétrico que, após o ajuste da escala de calibração, é convertido em um sinal de força em função do tempo. Após essa conversão, é possível identificar os picos de força aplicada em cada braçada e o instante em que eles aconteceram. Com essas informações pode-se estimar diversas variáveis, tais como descreve Castro (2007) e Digo *et al.* (2010):

1. Força máxima: é o maior pico de força propulsiva efetiva encontrada ao longo do teste.
2. Força máxima relativa: é estimada pela razão entre a força máxima absoluta e a massa corporal do participante.
3. Tempo em que ocorreu a força máxima: é o tempo de teste que o sujeito demora para atingir a força máxima absoluta.
4. Força média: é a média da força aplicada durante o teste.
5. Média de força máxima: é a média de todos os valores de força nos primeiros 5 s de teste.
6. Média de força mínima: é a média de todos os valores de força nos últimos 5 s de teste.
7. Impulso total: é a integral da força em relação ao tempo de todo o teste.
8. Índice de fadiga: é uma estimativa entre a variação das médias entre a força máxima e mínima (nos primeiros e nos últimos 5 s de teste, respectivamente) em percentual.

Em substituição ao cabo fixo, também são utilizados dispositivos como tubo elástico (PAPOTI *et al.*, 2005), o qual também é um equipamento comum no treino da natação (REZENDE, 2010). O tubo elástico, por permitir movimento, constitui o sistema de nado semiamarrado, o qual teria a vantagem de minimizar os efeitos deletérios que o nado amarrado tem sobre o trajeto da braçada que é modificado quando comparado nado livre e nado amarrado (MAGLISCHO; MAGLISCHO, 1984). Ainda

assim, os sistemas de nado amarrado e semiamarrado são suscetíveis a questionamentos, devido a demonstrações de existência de alterações no padrão das braçadas quando o nadador passa da situação de nado livre para a de nado semiamarrado ou de nado amarrado (MAGLISCHO; MAGLISCHO, 1984; SANTOS, 2010).

Nos nados amarrado e semiamarrado, o padrão da braçada e do posicionamento do corpo são afetados, de maneira diferente para cada material e há uma ligeira modificação na posição do corpo na água, gerando questionamentos se os resultados dos testes são transferíveis para a natação normal (MAGLISCHO; MAGLISCHO, 1984; KJENDLIE; THORSVALD, 2006). Já Rezende (2010) assume que a força aplicada em um extremo do tubo elástico é diferente da força medida no outro e que o nado semiamarrado subestima os valores da força propulsiva efetiva, gerando assim uma discrepância de resultados entre estudos realizados com diferenças nos protocolos de avaliação. Rezende (2010) acredita que o tubo elástico possibilitaria uma dissipação da força.

Outras variáveis também devem ser consideradas, por exemplo, segundo Kjendlie e Thorsvald (2006), ao se mensurar a força máxima com nado semiamarrado é perceptível que os sujeitos atingem valores mais elevados de força após familiarização. Sendo assim, os mesmos autores consideram provável que nadadores menos experientes possam ter uma maior variação da técnica de nado e, conseqüentemente, apresentarem uma variabilidade na força no teste de nado semiamarrado do que nadadores de nível competitivo.

Apesar da indiscutível importância desse tema para treinadores e pesquisadores de esportes aquáticos, não foram encontrados estudos que compararam nado semiamarrado e nado amarrado. Também não foram encontrados, na literatura, muitos autores que utilizam nado semiamarrado para avaliação. Segundo Santos (2010), o nado amarrado é uma avaliação específica e amplamente utilizada na natação. Por exemplo, Mouroço, Vilas-Boas e Fernandes (2012) investigaram a associação dos resultados encontrados em um teste de 30 segundos em nado amarrado e o desempenho em provas de velocidade (50 e 100 m de nado livre) e concluíram que o resultado do teste de 30 segundos em nado amarrado pode ser relacionado com os resultados em provas de curta distância.

Barbosa *et al.* (2012) analisaram a reprodutibilidade dos parâmetros biomecânicos (força pico, força média, taxa de desenvolvimento de força, impulso, duração da braçada, tempo para atingir a força pico e força mínima da curva força-

tempo) no nado *crawl* em um protocolo de 10 s de nado amarrado e concluíram que tais parâmetros biomecânicos analisados a partir da curva força-tempo no nado amarrado apresentam alta reprodutibilidade em protocolo de curta duração, possibilitando, portanto, o monitoramento das possíveis alterações dos parâmetros de força ao longo do processo de treinamento. Ao mesmo tempo, afirmaram que a força mínima deve ser analisada com cautela devido ao seu coeficiente de variação elevado.

O nado amarrado pode também ser utilizado para avaliar outros movimentos, não apenas o nado *crawl*. Por exemplo, Arellano e Pardillo (2007) compararam palmateio com deslocamento e palmateio estacionário. Eles, concluíram que a ausência de deslocamento gera mudanças no escoamento: no palmateio com deslocamento os vórtices gerados mantêm a rotação por vários segundos, enquanto se expandem; já no palmateio estacionário, os vórtices são movidos para trás enquanto a mão se mantém no mesmo plano.

Gomes *et al.* (2011) descreveram o comportamento da força propulsiva efetiva gerada por um palmateio de sustentação (na posição vertical de cabeça para cima) em cada fase desse gesto, para tal dividiram-no em quatro fases (*in-sweep*, transição do *in-sweep* para o *out-sweep*, *out-sweep*, transição do *out-sweep* para o *in-sweep*). Três ciclos foram analisados, e foi encontrada uma diferente variação da força propulsiva efetiva entre as fases do palmateio, porém o valor da força foi quase constante ao longo das fases (em torno de 9,5 N), uma vez que pequenos desvios-padrão e coeficientes de variação foram encontrados.

Diogo *et al.* (2010) mediram a força produzida no palmateio direção cabeça (movimento em direção à cabeça, com o corpo em decúbito dorsal, os braços na lateral do tronco, o punho em flexão com a palma da mão voltada para os pés) e direção pés (movimento em direção aos pés com o corpo em decúbito dorsal, os braços na lateral do tronco, o punho em extensão e a palma da mão voltada para a cabeça) e encontraram maior produção de força máxima no palmateio direção cabeça. Tal resultado pode ser explicado por uma maior semelhança entre palmateio direção cabeça com movimentos da natação e à possibilidade de ser uma ação mais "natural" do ponto de vista anatômico (DIOGO *et al.*, 2010). Considerando essa semelhança, justifica-se a escolha do palmateio propulsivo em decúbito ventral, direção cabeça, para realizar o presente estudo.

Tendo em vista as informações presentes na literatura, pode-se perceber que há necessidade de maiores informações sobre as direções das forças geradas pelo

palmeio, como torna-lo mais efetivo e qual a influência dos diversos ângulos de flexão do punho na força propulsiva efetiva. Bem como se faz necessário um maior entendimento das forças hidrodinâmicas, e da forma com que estas forças podem ser minimizadas, ou maximizadas buscando auxiliar o deslocamento do indivíduo. E ainda, quais mudanças ocorrem no escoamento, na técnica e no posicionamento do corpo do atleta, quando o sujeito está em um teste de nado amarrado e em um teste de nado semiamarrado, possibilitando assim a comparação destes com o nado livre.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de concretizar os objetivos desse estudo, foi elaborada a presente metodologia, a qual abrange os seguintes tópicos: (1) definição operacional das variáveis, (2) método de abordagem, (3) aspecto ético, (4) dimensão da amostra, (5) instrumento de coleta de dados, (6) procedimento de coleta de dados, (7) análise dos dados e (8) procedimentos estatísticos.

3.1 DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS

As variáveis foram classificadas como dependentes e independentes conforme Gaya, *et al.* (2008).

3.1.1 Variáveis independentes

As variáveis independentes foram:

1. Uso de cabo de aço (nado amarrado): O indivíduo foi preso a um cabo de aço e este a uma célula de carga fixada na borda da piscina. O sujeito fez o palmateio propulsivo posição de frente direção cabeça por 30 segundos, tentando aplicar força máxima ao longo de todo o teste.

2. Uso de tubo elástico (nado semiamarrado): muito semelhante ao anterior, sendo diferenciado apenas pelo material que prendeu o participante à célula de carga, visto que, nesse caso, foi usado um tubo elástico.

3.1.2 Variáveis dependentes

Os dois primeiros segundos de cada teste foram eliminados, devido ao efeito inercial do início do teste, ou seja, toda a análise foi realizada entre 2 e 30 segundos. Considerando isso, estão descritas a seguir as variáveis dependentes:

1. Força máxima (N): maior pico de força propulsiva efetiva encontrada ao longo do teste.

2. Força máxima relativa (%): foi estimada pela razão entre a força máxima e o peso corporal do participante.

3. Tempo para força máxima (s): foi o tempo de teste que o sujeito demorou para atingir a força máxima.

4. Força média (N): média da força aplicada durante o teste.

5. Força média inicial (N): média de todos os valores de força nos primeiros 5 s de teste.

6. Força média final (N): média de todos os valores de força nos últimos 5 s de teste.

7. Índice de fadiga (%): indica a capacidade de manutenção da força, sendo que menores valores apontam a uma melhor capacidade de resistir à fadiga. O índice de fadiga foi calculado a partir da seguinte equação:

$$IF(\%) = \left(\frac{FI-FF}{FI} \right) * 100 \quad \text{Equação 1}$$

Em que,

IF (%) é o índice de fadiga;

FI (N) é a média de todos os valores de força nos primeiros 5 s de teste (força média inicial).

FF (N) é a média de todos os valores de força nos últimos 5 s de teste (força média final).

8. Impulso (N.s): a integral da força em relação ao tempo.

3.2 MÉTODO DE ABORDAGEM

O presente estudo caracteriza-se como *ex post facto* do tipo comparativo.

3.3 ASPECTO ÉTICO

O presente estudo não propôs procedimentos invasivos aos participantes. Sua elaboração fundamentou-se nos preceitos dos principais documentos que estabelecem diretrizes para pesquisas que envolvem seres humanos.

Seguiu as disposições da resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, a qual incorpora sob a ótica do indivíduo e suas coletividades os quatro referenciais básicos da bioética: autonomia, não maleficência, beneficência e justiça, bem como visou assegurar os direitos e deveres que dizem respeito à comunidade científica, aos participantes da pesquisa e ao Estado.

Obteve-se, portanto, o consentimento dos indivíduos maiores de idade para a participação do estudo (Apêndice 1), assim como para o uso de imagens (Apêndice 2). Foi respeitada a recusa em participar da pesquisa em qualquer momento, seja qual fosse o motivo, reconhecendo, assim, que o sujeito tem dignidade independente da idade, do grau de capacidade ou de autonomia. Ainda, ficou resguardado ao pesquisador responsável e protegidas de revelação não autorizada o uso das informações recolhidas. O presente trabalho faz parte um projeto maior, o qual foi aprovado pelo Comitê de Ética da UFRGS sob o número 2008156 (Apêndice 3).

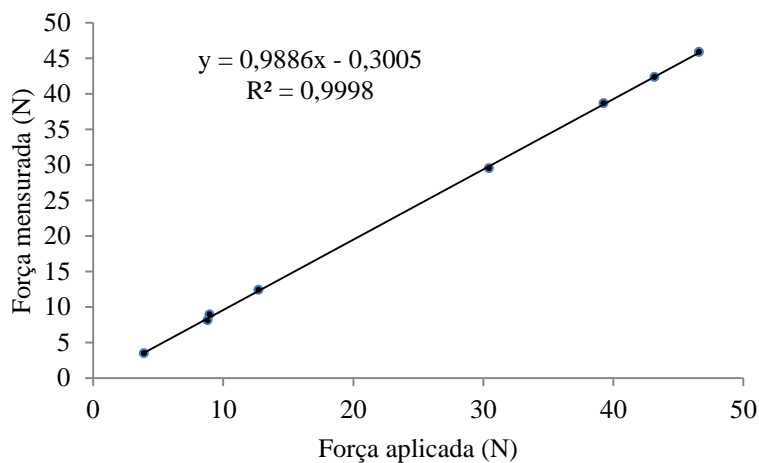
3.4 DIMENSÃO DA AMOSTRA

Para participar do estudo, era necessário ter, no mínimo 12 meses de familiarização com o movimento de palmateio, ter experiência de no mínimo cinco anos na natação competitiva e ter entre 16 e 38 anos de idade. Assim, a amostra desse estudo selecionada por critério de conveniência, foi composta por 10 indivíduos voluntários (idade $21,3 \pm 5,98$ anos; estatura $1,72 \pm 0,07$ m; envergadura $1,62 \pm 0,51$ m; massa $65,62 \pm 9,31$ kg e tempo de treinamento $10,10 \pm 6,19$ anos).

3.5 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

A coleta dos dados foi realizada por meio de dinamometria, utilizando uma célula de carga blindada (modelo ZX 250 Alfa Instrumentos – SP – com sensibilidade de 2 mV/V e capacidade para 2500 N). Com o intuito de avaliar a extensão dos erros associados a esse instrumento de medida, pesos conhecidos foram aplicados sob forma de compressão na célula de carga. Os valores mensurados e os valores aplicados são apresentados na Figura 2, assim como o coeficiente de determinação.

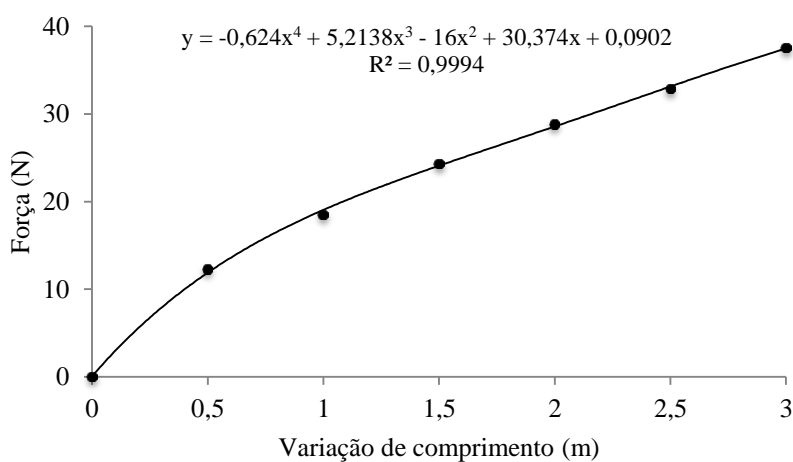
Figura 2. Relação entre a força aplicada na célula de carga e a respectiva força mensurada.



3.6 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

Para a realização da coleta, foram usados a célula de carga (descrita anteriormente), um sistema de aquisição de coleta composto pelo *software* Miograph e pelo Miotool (Miotec, Porto Alegre) que permitiu coletar com taxa de amostragem de 2000 Hz, um cabo de aço de 6,33 m de comprimento, um tubo elástico de comprimento inicial de 3 m e de resistência de baixa a mediana de acordo com o fabricante (Auriflex Industria e Comércio Ltda.), um cinto de tecido, um *snorkel* frontal (Hammerhead) e flutuadores de EVA para as pernas, além de mosquetões. Para um melhor entendimento da resistência do tubo elástico, a curva de calibração desse material foi determinada segundo Loss *et al.* (2002), como mostra a Figura 3.

Figura 3 Curva de calibração do tubo elástico usado na coleta.



A coleta desse estudo ocorreu na piscina de 25 m do Centro Natatório da ESEF/UFRGS. Primeiramente, a célula de carga foi calibrada com a aplicação de pesos conhecidos. Após, a célula foi posicionada dentro da água verticalmente, e os valores de força foram registrados como intuito de ajustar o zero.

Cada indivíduo realizou dois testes, cuja ordem foi escolhida por sorteio usando envelopes de cor opaca. Os testes consistiram em executar o palmateio direção cabeça em decúbito ventral por 30 segundos preso à célula de carga com cabo rígido (teste de nado amarrado) e preso à célula de carga com tubo elástico (nado semiamarrado), tentando realizar força máxima. Independentemente da ordem dos testes, anteriormente era realizada uma familiarização da situação de coleta e, após um intervalo de 3 minutos, os testes eram realizados com 10 minutos de intervalo entre eles. Além disso, nos dois testes, os participantes usaram o *snorkel* (para não haver interferência do movimento da respiração) e flutuadores (evitando o batimento das pernas) e foi dado estímulo verbal ao longo dos dois testes.

3.7 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi feita no *software* MATLAB (R2009b). Primeiramente, foi realizado o ajuste do valor zero. Após essa correção, os valores da força registrados foram filtrados por meio de um filtro passa baixa de ordem sete, e a frequência de corte foi determinada por meio da Análise Residual (WINTER, 2005), obtendo a força propulsiva efetiva nos dois testes. Foram retirados os 2 segundos iniciais. Após isso, foram estimadas as seguintes variáveis:

- Força máxima, a qual correspondeu ao maior pico de força propulsiva efetiva encontrada ao longo do teste.
- Força máxima relativa, a qual foi estimada pela seguinte equação:

$$FMR = \frac{F_{m\acute{a}x}}{P} * 100 \quad \text{Equação 2}$$

Em que,

FMR (%) é a força máxima relativa;

Fmáx (N) é a força máxima que corresponde ao maior pico de força propulsiva efetiva encontrada ao longo do teste;

P (N) é o peso do participante.

- Tempo para força máxima, o qual correspondeu ao tempo de teste que o sujeito levou para atingir o maior pico de força propulsiva efetiva encontrada ao longo do teste.
- Força média, a qual foi estimada pela média da força aplicada durante o teste.
- Força média inicial, a qual foi determinada como a média de todos os valores de força nos primeiros 5 s de teste.
- Força média final, a qual foi considerada a média de todos os valores de força nos últimos 5 s de teste.
- Índice de fadiga, o qual foi calculado a partir da Equação 1.
- Impulso, o qual foi calculado por meio da integral da força em relação ao tempo.

3.8 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Para a apresentação dos dados, foram determinados média, desvio-padrão, erro padrão e valores máximos e mínimos para cada variável analisada. Foi avaliada a normalidade dos dados com o teste de Shapiro-Wilk. Confirmada a aderência ao modelo normal, foi realizado o teste *t* de Student para dados pareados. O nível de significância adotado foi de 5%. Os procedimentos estatísticos foram realizados no *software* SPSS (versão 17.0).

4 RESULTADOS

A Figura 4 exibe um exemplo do teste de nado amarrado, enquanto a Figura 5 ilustra os dados do mesmo sujeito, porém no teste de nado semiamarrado. A partir desses dados de cada participante, foram determinadas as variáveis de interesse, obtendo média, desvio-padrão, erro padrão, valores máximo e mínimo e resultado estatístico para cada uma das variáveis (Tabela 1). Pode ser destacado que a única variável que não apresentou diferença entre os testes foi a força média (Tabela 1).

Figura 4. Teste de nado amarrado de um participante.

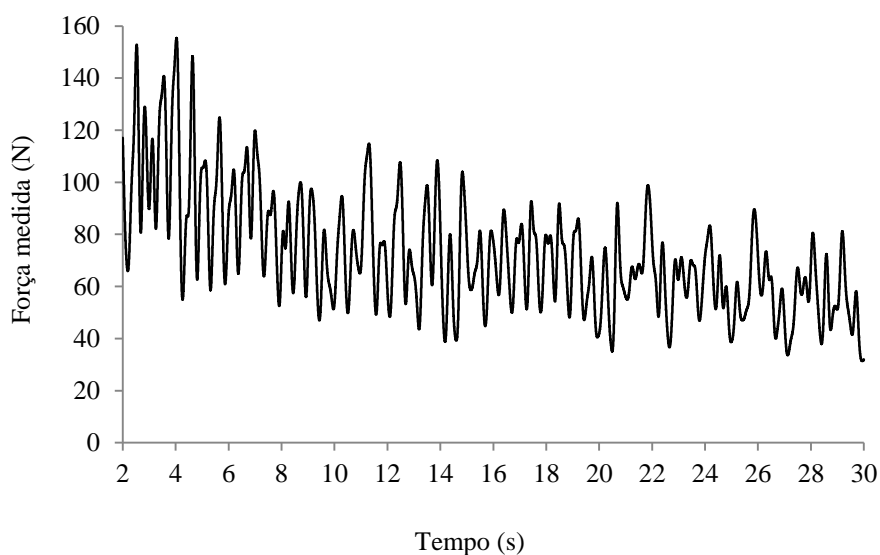


Figura 5. Teste de nado semiamarrado do mesmo participante.

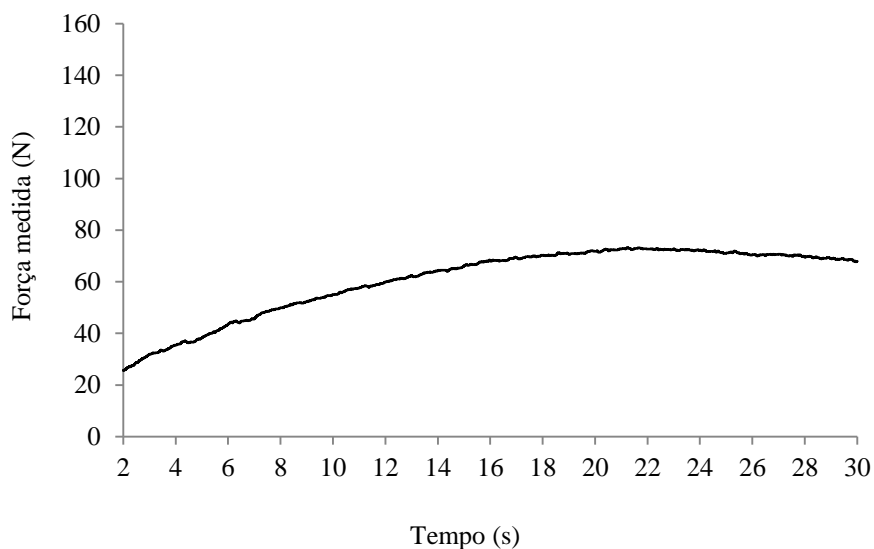


Tabela 1. Média, desvio-padrão, erro padrão, valores mínimo e máximo e o resultado estatístico para cada uma das variáveis nos testes de nado amarrado (com cabo rígido) e de nado semiamarrado (com tubo elástico), (n=10).

		Média	Desvio-padrão	Erro padrão	Valor mínimo	Valor máximo	Resultado estatístico
Força máxima (N)	Cabo	115,27	38,73	12,25	48,83	169,68	$t(9) = 7,89, p < 0,001, r = 0,93$
	Tubo	58,98	17,90	5,66	29,43	87,56	
Força máxima relativa (%)	Cabo	17,8	5,10	1,61	9,34	24,39	$t(9) = 8,95, p < 0,001, r = 0,95$
	Tubo	9,11	2,29	0,72	5,63	13,51	
Força média (N)	Cabo	49,71	15,83	5,00	23,65	73,90	$t(9) = -1,14, p = 0,28, r = 0,36$
	Tubo	53,36	23,23	7,34	26,69	88,11	
Força média inicial (N)	Cabo	69,20	24,17	7,64	31,98	100,25	$t(9) = 6,40, p < 0,001, r = 0,90$
	Tubo	35,94	10,63	3,36	20,89	54,07	
Força média final (N)	Cabo	39,90	25,68	8,12	-0,01	81,68	$t(9) = -2,75, p = 0,023, r = 0,67$
	Tubo	49,50	21,37	6,76	17,06	80,27	
Tempo para força máxima (s)	Cabo	2,44	1,92	0,64	0,40	6,55	$t(8) = -10,54, p < 0,001, r = 0,96$
	Tubo	14,90	2,85	0,95	9,95	19,24	
Índice de fadiga (%)	Cabo	45,35	23,22	7,34	16,87	100,02	$t(9) = 7,87, p < 0,001, r = 0,93$
	Tubo	-33,50	30,21	9,55	-89,01	18,33	
Impulso (N.s)	Cabo	171,060	0,022	0,007	171,01	171,10	$t(9) = -7,73, p < 0,001, r = 0,93$
	Tubo	171,064	0,022	0,007	171,02	171,10	

5 DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo foi comparar a curva de força gerada pelo palmateio propulsivo na posição de frente direção cabeça, estando o indivíduo preso a diferentes materiais: tubo elástico e cabo de aço. Para isso, foram comparadas as seguintes variáveis entre os testes de nado amarrado (com cabo rígido) e de nado semiamarrado (com tubo elástico): força máxima, força máxima relativa, força média, força média inicial, força média final, tempo para atingir a força máxima, índice de fadiga e impulso. Como resultado, a única entre essas variáveis que não apresentou diferença entre os testes foi a força média (Tabela 1).

Diogo *et al.* (2010) avaliaram as mesmas variáveis (com exceção do impulso) em dois palmateio realizados em decúbito dorsal: direção cabeça e direção pés, usando a técnica de nado amarrado. Comparando os resultados encontrados no teste de nado amarrado pelo presente estudo com os de Diogo *et al.* (2010), pode-se observar que os valores de força máxima, força máxima relativa, força média, força média inicial e força média final foram maiores do que os encontrados por Diogo *et al.*, (2010). O tempo para atingir a força máxima e o índice de fadiga foram menores no presente estudo. O índice de fadiga, apesar de ter sido menor no presente estudo evidencia que, em ambos os estudos, a força propulsiva efetiva diminuiu com o passar do tempo do teste. Todas essas diferenças de resultados indicam que a amostra do presente estudo apresentou um desempenho melhor no teste de nado amarrado que a amostra de Diogo *et al.* (2010), o que talvez possa ter ocorrido em função da diferença de posição do corpo (decúbito ventral x decúbito dorsal) ou pelo fato de que foram usados flutuadores pela amostra do presente trabalho ou pela diferença de idade dos participantes (no presente estudo foi $21,3 \pm 5,98$ anos e no estudo de Diogo *et al.* foi $15,8 \pm 2,1$ anos) ou pelo tempo de prática (que foi apresentado apenas nesse estudo, o que impossibilitou uma comparação).

Outro ponto que chama a atenção é em relação à estimativa do índice de fadiga, o qual pode ser avaliado de diferentes maneiras. Diogo *et al.* (2010) calculam da mesma forma que o presente estudo (Equação 1). Já Morouço (2009) utilizou uma equação semelhante, porém substituiu a média de força nos 5 segundos iniciais pelo pico máximo de força nos primeiros 10 segundos, e a média de força mínima nos últimos 5 segundos de teste pelo pico mínimo neste mesmo intervalo de tempo. A utilização dos

picos máximo e mínimo no período inicial e final do teste respectivamente, aparentemente é tendenciosa, por utilizar um único ponto não necessariamente representa os demais pontos neste período.

O valor do índice de fadiga apresentou valor negativo no teste de nado semiamarrado (Tabela 1). Isso pode ser justificado por dois fatores: (1) o valor da força média final foi maior do que o valor da força média inicial no teste de nado semiamarrado, o contrário do teste de nado amarrado (Tabela 1) e (2) o tempo para atingir a força máxima no teste de nado semiamarrado foi maior, visto que este ao começar o teste encontra-se, aproximadamente, no seu comprimento inicial e, dessa forma, a força média inicial não contemplou a força máxima como normalmente ocorre no teste de nado amarrado, implicando em uma força média inicial menor no teste de nado semiamarrado (Tabela 1). Isso demonstra a necessidade de avaliar o índice de fadiga de maneira diferente no teste de nado semiamarrado. Sendo assim a fórmula utilizada por Diogo *et al.* (2010) e pelo presente estudo parece ser a mais adequada para avaliações em nado amarrado, porém não para o teste de nado semiamarrado.

A força média, a força média final, o tempo para atingir a força máxima e o impulso foram maiores no tubo; a única variável que não apresentou diferença significativa foi a força média, o que demonstra que a característica da curva de força tende a ser diferente dependendo do material utilizado para prender o sujeito. Embora, o impulso foi diferente entre os testes, aparentemente, isso não tem importância prática, pois a diferença entre os valores foi menor que 0,005 Ns (Tabela 1). Ainda, o maior tempo para atingir a força máxima no nado semiamarrado pode ser causado pela característica elástica do tubo, tal característica se altera de acordo com a variação do comprimento do material elástico, o que pode justificar também a maior força média final nesse teste.

Comparando os protocolos (Figuras 4 e 5), pode-se notar que no teste de nado amarrado são observados vários picos, o que não acontece no teste de nado semiamarrado. Já este último, por não apresentar um pico de força referente ao efeito inercial no início do teste, indica que não é necessário excluir os dois segundos iniciais do teste. Apesar disso, o tubo elástico parece não ser o material ideal para a análise de 30 segundos, pois a força mensurada tende a cair ao se aproximar do final do teste, fazendo com que o indivíduo volte em direção à posição inicial (desloca-se para trás), o que altera a direção das forças resistivas. Para impedir este retorno, a resistência do tubo elástico pode ser menor, ou ainda, pode-se diminuir o tempo de duração do teste.

Uma restrição do presente estudo é que o mesmo não permite identificar qual é o protocolo mais eficaz, mas sugere algumas colocações. Por exemplo, o teste de nado amarrado facilita a análise cinemática com videogrametria. Em contrapartida o teste de nado semiamarrado possibilita uma avaliação eficaz com baixo custo, visto que a avaliação do atleta pode ser feita pela distância alcançada pela extensão do tubo elástico e pelo tempo em que o indivíduo consegue alcançar e manter essa posição.

Sendo assim, são sugeridos novos estudos que comparem ambos os protocolos não somente usando os valores de força medidos, mas combinando a análise cinética e a cinemática com videogrametria, especialmente no nado *crawl*. Isso permitiria identificar se os picos de força encontrados no teste de nado amarrado correspondem com o momento mais propulsivo de um determinado nado, já que não há informação na literatura que realmente suporte essa hipótese. Ou permitiria identificar que aqueles picos são resultados do efeito inercial, o que poderia ser amenizado com o uso do tubo elástico em vez do cabo rígido.

6 CONCLUSÃO

O objetivo do presente trabalho foi comparar a curva de força gerada pelo palmateio propulsivo na posição de frente direção cabeça, estando o indivíduo preso a diferentes materiais: tubo elástico e cabo de aço. Para isso, foram comparadas variáveis extraídas das curvas de força nos testes de nado amarrado (com cabo rígido) e de nado semiamarrado (com tubo elástico). A força média, a força média final, o tempo para atingir a força máxima e o impulso foram maiores no teste de nado semiamarrado; a única variável que não apresentou diferença significativa foi a força média. Os resultados indicaram que a característica da curva de força tende a ser diferente dependendo do material utilizado para prender o sujeito, o que afeta a comparação entre estudos que usaram diferentes protocolos (nado amarrado ou semiamarrado).

REFERÊNCIAS

- ARELLANO, R.; TERRÉS-NICOLI, J.; REDONDO, J. Fundamental Hydrodynamics of Swimming Propulsion. In: BIOMECHANICS AND MEDICINE IN SWIMMING, 10., 2006, Porto. **Proceedings of Biomechanics and Medicine in Swimming X**. Porto: Faculty of Sports Sciences and Physical Education – University of Porto, 2006. p. 15 - 20.
- ARELLANO, R.; PARDILLO, S. **Study of sculling actions during hovering and displacement, applying cinematic analysis, flow visualization and velocimetry.** Disponível em: homepage.mac.com/natacion/SwimmingScience/page4/page16/page38/index.html. Acesso em: 18 jun. 2012.
- BARBOSA, C.; ANDRADE, R.; MOREIRA A.; SERRÃO J.; JUNIOR O.; Reprodutibilidade da curva força-tempo do estilo “Crawl” em protocolo de curta duração. **Revista Brasileira de Educação Física Esporte**, São Paulo, v. 26, n. 1, p.37-45, 2012.
- CASTRO, F. **Parâmetros biomecânicos do nado crawl apresentados por nadadores e triatletas.** 2002. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- CASTRO, F. A. S. **Determinantes do desempenho para a prova de 200m nado livre.** 2007.152 f. Tese (Doutorado)) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- CASTRO, F. et al. Relações entre desempenho em 200m nado crawl e variáveis cinéticas do teste de nado estacionário. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, Campinas, v. 31, n. 3, p.36-42, 2010.
- COLWIN, C. Uma Perspectiva para os Mecanismos Propulsores na Natação. In: COLWIN, C. **Nadando para o Século XXI**. São Paulo: Manole, 2000.
- DIOGO, V.; SOARES, S.; TOURINO, C.; ABRALDES, J.; FERRAGUT, C.; MOROUÇO, P.; FIGUEIREDO, P.; VILAS-BOAS, J.; FERNANDES, R. Tethered Force Production in Standard and Contra-standard Sculling in Synchronized Swimming. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM FOR BIOMECHANICS AND MEDICINE IN SWIMMING, 11., 2010, Oslo. **Proceedings of the XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming**. Oslo: Norwegian School of Sport Science, 2010. p. 67 - 69.
- FOX, R.W.; MCDONALD, A.T.; PRITCHARD, Philip .J. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2006. 798 p.
- GAYA, A. et al. (Org.). **Ciências do movimento humano: introdução à metodologia da pesquisa**. Poro Alegre: Artmed, 2008.

GOMES, L.E. **Comparação entre forças propulsivas efetivas calculada e medida durante um palmateio de sustentação.** 2010. 123 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

GOMES, L.E.; TREMEA, V.W.; SILVEIRA, R.P.; CASTRO, F.A.S.; LOSS, J.F. Força propulsiva efetiva durante um palmateio de sustentação – um estudo de caso. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, São Paulo, n. , p. 28-37, 2011.

GOURGOULIS, V.; AGGELOUSSIS, N.; VEZOS, N.; KASIMATIS, P.; ANTONIOU, P.; MAVROMATIS, G. Estimation of hand forces and propelling efficiency during front crawl swimming with hand paddles. **Journal of Biomechanics**, Durham, n.1, p.208-215, 2008.

HALL, S. Movimento Humano nos Fluidos. In: **Biomecânica Básica**. 5. ed. Barueri: Manole, 2009. Cap. 15, p. 483-507.

HERCOWITZ, S. (Org.). Capítulo I: Palmateio. In: HERCOWITZ, S. **IV Manual de Ensino do Nado Sincronizado**. [s.l.]: CBDA, 2004. p. 4-21.

HOMMA, M.; HOMMA, M. Support Scull Techniques of Elite Synchronized Swimmers. In: BIOMECHANICS AND MEDICINE IN SWIMMING, 10., 2006, Porto. **Proceedings of Biomechanics and Medicine in Swimming X**. Porto: Faculty of Sports Sciences and Physical Education – University of Porto, 2006. p. 220 - 223.

ITO, S. Fundamental Fluid Dynamic Research on Configuration of the Hand Palm in Synchronized Swimming. In: BIOMECHANICS AND MEDICINE IN SWIMMING, 10., 2006, Porto. **Proceedings of Biomechanics and Medicine in Swimming X**. Porto: Faculty of Sports Sciences and Physical Education – University of Porto, 2006. p. 45 - 48.

KJENDLIE, P.L.; THORSVALD, K. A tethered swimming power test is highly reliable. **Portuguese Journal of Sport Sciences**, Porto, v. 6, n. 2, p.231-233, 2012.

LOSS, J; CASTRO, F. Forças no meio líquido. In: COSTA, P. H. L. (Org.). **Natação e Atividades Aquáticas: Subsídios para o ensino**. Barueri: Manole, 2010. Cap. 3, p. 34-46.

LOSS, J; KOETZ, A; SOARES, D; SCARRONE, F; HENNEMANN, V; SACHARUK, V. **Quantificação da resistência oferecida por bandas elásticas**. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, Campinas, v. 24, n. 1, p. 61-72, 2002

MAGLISCHO, C; MAGLISCHO, E. Tethered and nontethered crawl swimming. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS IN SPORTS, 2., 1984, Colorado Springs, USA. **Proceedings of the International Symposium of Biomechanics in Sports**. Del Mar, Califórnia: Research Center For Sports, 1984. p. 163 - 176.

MORÉ, F. **Determinação da coordenação de nado por meio da análise cinética e cinemática no estilo crawl**. 2008. 100 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MOUROUÇO, P. **Force production in tethered swimming and its relationship with performance. A new approach to evaluate the anaerobic capacity of swimmers?** 2009. 110 f. Dissertação (mestrado) – University of Porto, Porto, 2009.

MOROUÇO, P.; VILAS-BOAS, J.; FERNANDES, R. Evaluation of Adolescent Swimmers Through a 30-s Tethered Test. **Pediatric Exercise Science**, St. Catharines, p. 312-321, 2012.

PAYTON, C.; BARTLETT, R. Estimating propulsive forces in swimming from three-dimensional kinematic data. **Journal of Sports Sciences**, Abingdon, n.6, p.447-454, 1995.

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

PAPOTI, M.; VITÓRIO, R.; VELOSA, A.; CUNHA, A.; SILVA, A.; MARTINS, L.; GOBATTO, C. Uso de células de carga para mensuração da força dos membros inferiores em nado ondulatorio. **Revista Portuguesa de Ciência do Desporto**, n. 3, p. 1-14, 2007.

REZENDE, M. **Efeito do treino com elástico cirúrgico na melhora do desempenho de jovens nadadores na distância de 50m na técnica de crol** 2009. 107 f. Dissertação (mestrado) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2009.

RISCH, O.; CASTRO, F. Desempenho em natação e pico de força em tethered swimming. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, São Pedro, 2007. Anais... São Pedro, 2007. p. 441-446

SANTOS, K. **Assimetrias na força propulsiva durante o nado atado**. 2011. 87 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

SCHLEIHAUF, R. Swimming Propulsion. In: SCHLEIHAUF, Robert. **Biomechanics of Human Movement**. Bloomington: Author house, 2004. p. 341-373.

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. (eds.). *Biomechanics and medicine in swimming VIII*. Jyväskylä: Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, 1999, p. 363-368.

TOUSSAINT, H.; BEEK, P. Biomechanics of Competitive Front Crawl Swimming. **Sports Medicine**, Auckland, n. , p.8-24, 1992.

WINTER, D. Kinematics. In: WINTER, D. **Biomechanics and Motor Control of Human Movement**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2005. p. 13-58.

YEATER, R.; MARTIN, B.; WHITE, M.; GILSON, K.; Tethered swimming forces in the crawl, breast and back strokes and their relationship to competitive performance. **Journal of Biomechanics**, Durham, v. 14, n. 8, p.527-537, 2012.

APÊNDICE 1

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Você está sendo convidado a participar de um estudo o qual pretende investigar a força no palmateio. Nesse sentido, pedimos que você leia este documento e esclareça suas dúvidas antes de consentir, com a sua assinatura, a sua participação.

Objetivo do estudo:

Comparar as características da curva de força gerada pelo palmateio propulsivo na posição de frente direção cabeça, estando o indivíduo preso a diferentes materiais: elástico cirúrgico com e sem deslocamento e cabo de aço.

Procedimentos:

Participar de uma coleta, realizada na piscina do Centro Natatório da Escola de Educação Física da UFRGS, onde você realizará palmateio na posição de frente direção cabeça durante 30 segundos. Para isso um cinto será preso no indivíduo. Nenhuma das atividades desenvolvidas será muito diferente dos exercícios já realizados por ocasião da sua prática esportiva.

Riscos e benefícios do estudo:

Primeiro: essa coleta não oferece riscos adicionais aos de sua prática esportiva.

Segundo: os professores receberão um relatório sobre os resultados encontrados.

Terceiro: esse estudo poderá contribuir no entendimento das forças geradas no palmateio.

Quarto: não há qualquer benefício direto na participação do estudo, como remuneração ou pagamento. Os benefícios serão indiretos, já que os participantes estarão contribuindo para o entendimento das forças geradas no palmateio.

Confidencialidade:

Ficará resguardado ao pesquisador responsável e protegido de revelação não autorizada o uso das informações recolhidas.

Os professores receberão um relatório sobre os resultados encontrados, o qual poderá ser consultado, a qualquer momento, individualmente, pelo indivíduo avaliado.

Voluntariedade:

A recusa em participar do estudo será sempre respeitada, possibilitando que seja interrompida a rotina da coleta a qualquer momento e por qualquer motivo, a critério do participante.

Informações complementares:

A qualquer momento, poderão ser requisitadas informações esclarecedoras sobre o estudo, através de contato com o pesquisador, bem como retirar seu consentimento sem qualquer prejuízo a você.

Os professores poderão acompanhar a realização da coleta se assim preferirem.

Serviço de atendimento em caso de ocorrência de emergências: SAMU (192)

Contatos e questões:

Comitê de Ética da UFRGS
(51) 3308-3738

Pesquisador Responsável
Prof. Jefferson Fagundes Loss
(51) 3308-5822
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Rua Felizardo, 750 – Bairro Jardim Botânico / POA – RS

Declaração

Eu, _____, tendo lido as informações oferecidas acima e tendo sido esclarecido das questões referentes ao estudo, participo livremente do presente estudo.

Assinatura _____ Data _____

Prof. Jefferson Fagundes Loss
Pesquisador Responsável

APÊNDICE 2

**AUTORIZAÇÃO PARA USO E DIVULGAÇÃO DE IMAGEM
DE MAIOR DE IDADE**

Eu, _____ (RG _____)
autorizo, por meio desta, Jefferson Fagundes Loss, Lara Elena Gomes e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul a utilizar **GRATUITAMENTE** a minha imagem para inserção na tese de doutorado intitulada “Análise de forças hidrodinâmicas propulsivas durante um palmateio”, que poderá ser utilizada para fins educativos, técnicos, de divulgação e não-comerciais, abrindo mão, desde já, de quaisquer outras reivindicações a respeito do referido uso publicitário dessa imagem.

Porto Alegre, _____ de _____ de 20__.

Assinatura do responsável

Prof. Jefferson Fagundes Loss
Pesquisador responsável

APÊNDICE 3



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
CARTA DE APROVAÇÃO

pro*pesq

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul analisou o projeto:

Número : 2008156

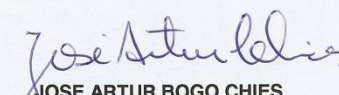
Título : Estimativa das forças hidrodinâmicas propulsivas de arrasto e de sustentação durante um palmateio de sustentação

Pesquisador (es) :

<u>NOME</u>	<u>PARTICIPAÇÃO</u>	<u>EMAIL</u>	<u>FONE</u>
JEFFERSON FAGUNDES LOSS	PESQ RESPONSÁVEL	jeffe@esef.ufrgs.br	33085869
Lara Elena Gomes	PESQUISADOR	lara_foquinha@yahoo.com.br	
VICTOR WIGNER TREMEA	PESQUISADOR	vvtremea@hotmail.com	

O mesmo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, reunião nº 57 , ata nº 137 , de 8/10/2009 , por estar adequado ética e metodologicamente e de acordo com a Resolução 196/96 e complementares do Conselho Nacional de Saúde.

Porto Alegre, sexta-feira, 9 de outubro de 2009


JOSE ARTUR BOGO CHIES
 Coordenador do CEP-UFRGS