

**RAFAEL GONÇALVES SILVA**

**FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA EM ATLETAS DE NATAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

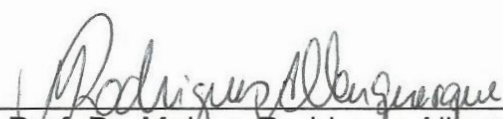
**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2013**

**RAFAEL GONÇALVES SILVA**

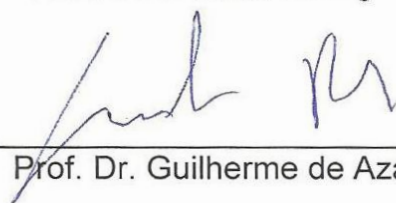
**FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA EM ATLETAS DE NATAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

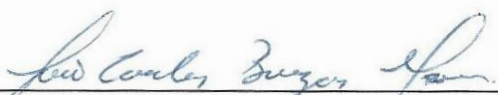
Aprovada em 05 de abril de 2013.



Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque



Prof. Dr. Guilherme de Azambuja Pussieldi



Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins  
Orientador

***A Deus, a minha família,  
aos grandes amigos  
e a todos que, de alguma forma,  
contribuíram para essa realização...***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, meu ponto de apoio, este que me fez ser o que sou e construiu minha estrada perfeita como é. Ao meu anjo da guarda que me rege, me guarda, me governa e me ilumina. À Nossa Senhora, que me acolheu e confortou nos momentos mais difíceis.

A minha família: Meu pai, meu espelho. Minha mãe, meu amor. Meus irmãos, meus melhores amigos. À Thatá, minha alma gêmea.

Aos amigos, muitos amigos. Do LAPEH, da EFI, da natação, do long, do polo, dos servidores, do alojamento, de casa, da academia, dos rocks, de Paraguaçu... e a todos que de alguma forma me deram força pra concluir essa jornada.

À turma do Corinthians e da LUVE, que cederam um pouco do seu espaço e tempo para a realização do meu trabalho.

Ao professor João. Grande mentor que aceitou o desafio de me orientar e o fez com brilhantismo e competência. Ao professor Paulo Amorim por suas contribuições, do trabalho de monografia até o dia de hoje. Aos professores Maicon e Guilherme, por terem aceito meu convite e contribuírem de forma brilhante para esta minha realização e ao prof. Paulo Lobato, grande amigo que ganhei nessa jornada.

À Viçosa, à UFV, ao departamento de Educação Física, e especialmente à família LAPEH.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente não só na constituição deste trabalho, mas também na formação de homem que hoje sou, de coração, meu sincero obrigado!

## **BIOGRAFIA**

Rafael Gonçalves Silva, filho de Alfredo Galdino da Silva e de Celina Gonçalves Silva, nasceu em 28 de março de 1988 na cidade de Paraguaçu, MG.

Em maio de 2006, ingressou no curso de Educação Física na Universidade Federal de Viçosa, na qual em janeiro de 2011 graduou-se bacharel e licenciado em Educação Física.

Em março de 2011 ingressou-se no Programa de Pós-Graduação Stricto-Sensu em Educação Física na Universidade Federal de Viçosa, obtendo o título de mestre em abril de 2013.

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUÇÃO GERAL.....	01
OBJETIVOS.....	03
Objetivo Geral.....	03
Objetivos Específicos.....	03
REFERÊNCIAS .....	04
CAPÍTULO 1: O FATOR SEXO PODE INTERFERIR NA FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA EM NATAÇÃO?	
RESUMO.....	06
ABSTRAC T.....	07
INTRODUÇÃO.....	08
MATERIAL E MÉTODOS.....	10
RESULTADOS.....	15
DISCUSSÃO.....	18
CONCLUSÕES.....	23
REFERÊNCIAS .....	24
CAPÍTULO 2: VALIDAÇÃO DE UM TESTE PARA OBTENÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA EM NATAÇÃO.	
RESUMO.....	30
ABSTRAC T.....	32
INTRODUÇÃO.....	33
MATERIAL E MÉTODOS.....	35
RESULTADOS.....	39
DISCUSSÃO.....	42
CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS .....	48

### CAPÍTULO 3: É POSSÍVEL ESTIMAR A FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA DE NADADORES POR MEIO DE EQUAÇÕES?

RESUMO.....	51
ABSTRAC T.....	53
INTRODUÇÃO.....	54
MATERIAL E MÉTODOS.....	56
RESULTADOS.....	61
DISCUSSÃO.....	64
CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS .....	68
CONCLUSÕES GERAIS.....	71
ANEXOS.....	72

**LISTA DE ABREVIATURAS**

[Lac]	Concentração de lactato ( $\text{mmol/l}^{-1}$ )
$\Delta\text{FB}(25\text{m})$	Diferença entre o número de braçadas realizadas entre os últimos e os primeiros 25 metros de teste.
%G	Percentual de gordura
%MT	Percentual do melhor tempo de prova
ACSM	Colégio Americano de Medicina do Esporte
BPM	Batimentos por minuto
BSA	Área da superfície corporal
FC	Frequência cardíaca
FCM	Frequência cardíaca máxima
FINA	Federação Internacional de Natação
IMC	Índice de massa corporal
PSE	Percepção subjetiva de esforço
RQ	Quociente respiratório
$\text{VO}_2$	Consumo de oxigênio



## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO 1: O FATOR SEXO PODE INTERFERIR NA FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA EM NATAÇÃO?**

**Figura 1.** Exemplo da fixação do monitor cardíaco nos nadadores.

**Figura 2.** Dados de FCM obtidos em natação, discriminados pelo fator sexo e separado entre os grupos de estudo.

**Figura 3.** Dados de FCM obtidos em natação, discriminados pelo fator sexo.

### **CAPÍTULO 2: VALIDAÇÃO DE UM TESTE PARA OBTENÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA EM NATAÇÃO.**

**Figura 1.** Exemplo da fixação do monitor cardíaco nos nadadores.

**Figura 2.** Média das frequências cardíacas obtidas em cada fase dos testes máximos aplicados..

**Figura 3.** Representação gráfica da relação da FCM obtidas em teste e reteste para as distâncias de 100 (a) e 200 metros (b).

**Figura 4.** Exemplo do comportamento da FC de um mesmo atleta obtida em teste e reteste com distância da parte principal de 100 metros.

**Figura 5.** Exemplo do comportamento da FC de um mesmo atleta obtida em teste e reteste com distância da parte principal de 200 metros.

### **CAPÍTULO 3: É POSSÍVEL ESTIMAR A FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA DE NADADORES POR MEIO DE EQUAÇÕES?**

**Figura 1.** Exemplo da fixação do monitor cardíaco nos nadadores.

**Figura 2.** Distribuição das FCM obtidas em teste de natação (e sua linha de tendência) e da FCM estimada por três equações, derivadas de exercício de corrida e ciclismo.

## LISTA DE QUADROS

### **CAPÍTULO 1: O FATOR SEXO PODE INTERFERIR NA FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA EM NATAÇÃO?**

**Quadro 1.** Resposta da FCM pelo fator sexo em diferentes formas de exercício.

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO 1: O FATOR SEXO PODE INTERFERIR NA FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA EM NATAÇÃO?**

**Tabela 1.** Características gerais da amostra. Valores antropométricos representados por média  $\pm$  desvio padrão.

**Tabela 2.** Características gerais da amostra (divididas por sexo). Valores antropométricos representados por média  $\pm$  desvio padrão.

**Tabela 3.** Valores médios de FCM (bpm), desvio padrão, valores máximos e mínimos encontrados em cada grupo de atletas.

**Tabela 4.** Valores médios de FCM (bpm), desvio padrão, valores máximos e mínimos encontrados quando agrupados todos os atletas.

**Tabela 5.** Valores médios (média  $\pm$  desvio padrão) de PSE, concentração de lactato pós-teste, % do melhor tempo e delta da frequência de braçadas.

### **CAPÍTULO 2: VALIDAÇÃO DE UM TESTE PARA OBTENÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA EM NATAÇÃO.**

**Tabela 1.** Valores médios de PSE, concentração de lactato, percentual do melhor tempo e delta frequência de braçadas, obtidos ao final de cada bateria de testes (média  $\pm$  desvio padrão).

**Tabela 2.** Valores médios de FC de pico (bpm) obtidos em cada teste (média  $\pm$  desvio padrão) e o valor de  $p$  a partir da correlação de Spearman

### **CAPÍTULO 3: É POSSÍVEL ESTIMAR A FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA DE NADADORES POR MEIO DE EQUAÇÕES?**

**Tabela 1.** Características gerais da amostra. Valores antropométricos representados por média  $\pm$  desvio padrão.

**Tabela 2.** Valores de frequência cardíaca máxima (FCM), percentual do melhor tempo (%MT), concentração de lactato ([Lac]) e percepção subjetiva de esforço (PSE) obtidos.

**Tabela 3.** Valores de  $p$  para correlação entre os valores de FCM obtidas em teste e as variáveis: idade, percentual do melhor tempo, massa corporal, estatura, área corporal, índice de massa corporal e percentual de gordura.

**Tabela 4.** Equações geradas pelo modelo de regressão múltipla stepwise e seu respectivo coeficiente de determinação (percentual de probabilidade).

**Tabela 5.** Valores de FCM obtidos em teste de natação e estimados por equações de predição para exercício de corrida e ciclismo.

## RESUMO

SILVA, Rafael Gonçalves, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2013. **Frequência cardíaca máxima em atletas de natação** Orientador: João Carlos Bouzas Marins. Coorientadores: Paulo Roberto dos Santos Amorim e Jorge Roberto Perrout de Lima

Esta dissertação é composta de três capítulos. O primeiro capítulo teve como objetivo verificar se o fator sexo é determinante na frequência cardíaca máxima (FCM) obtida em testes máximos específicos para natação. Fizeram parte do estudo 47 atletas de natação (com média de idade de  $17,89 \pm 3,02$  anos, massa corporal de  $65,74 \pm 10,05$  quilos, estatura de  $1,71 \pm 0,08$  metros e percentual de gordura de  $14,42 \pm 7,27\%$ ), bem treinados, divididos em 33 homens e 14 mulheres e separados em três subgrupos: atletas universitários (G1), atletas de elite da categoria juvenil (G2) e atletas de elite da categoria junior (G3). Todos os avaliados foram submetidos a um teste máximo, específico para nadadores para a obtenção da FCM. Utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk para a verificação da normalidade dos dados. A partir disto, foi aplicado o teste F da análise de variância, a fim de comparar os resultados de FCM obtidos. Em todos os casos o nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ . Como resultado, foi verificado que entre os nadadores do G1 foram obtidos valores de FCM de  $190,8 \pm 7,4$  bpm para os homens e  $187 \pm 9,6$  para mulheres. Para os nadadores do G2, foram obtidos valores de  $192,08 \pm 8,7$  bpm para os homens e  $188 \pm 15,1$  bpm para mulheres, enquanto que para G3 correspondeu a  $183,5 \pm 4,2$  bpm para os homens e  $189,6 \pm 11,8$  bpm para mulheres. Quando considerada a totalidade dos avaliados, os valores de FCM corresponderam a  $189 \pm 4,5$  bpm para os homens e de  $188,5 \pm 11,06$  bpm para as mulheres. Em todos os grupos avaliados não houve diferença significativa da FCM em função do sexo, podendo concluir que em atletas de mesmo nível técnico e idade, este fator não influi na resposta da FCM quando aplicados teste máximos de natação. O segundo capítulo desta dissertação teve como objetivo validar um teste máximo para a obtenção da FCM específica para atletas de natação. Para isso, o grupo amostral deste estudo foi composto por 15 atletas de nível universitário (11 homens e 4 mulheres), com idade de  $21,27 \pm 2,49$  anos, massa corporal de  $71,52 \pm 11,01$  kg, estatura de  $1,74 \pm 0,08$  metros e percentual de gordura de  $18,14 \pm 6,06$ , que nadaram as distâncias de 100 e 200 metros em velocidade máxima buscando atingir a FCM. Parâmetros como PSE,

concentração de lactato, velocidade de nado e frequência de braçadas foram utilizados como critérios para comprovar a validade dos testes. Houve também a realização de retestes para a comprovação da fidedignidade e objetividade dos mesmos. Para estes últimos foi realizada a correlação de Spearman com nível de significância de 1%. Como resultado desta metodologia, as FCM obtidas no teste e reteste na distância de 100 metros foram de  $187,67 \pm 7,23$  bpm e  $188,33 \pm 8,33$  bpm; enquanto que na distância de 200 metros foram de  $187,67 \pm 7,54$  bpm e  $189,53 \pm 8,07$  bpm, respectivamente. Os testes foram validados tendo em vista a PSE ( $19,28 \pm 0,49$ ) e concentração de lactato ( $11,09 \pm 2,12$  mmol.l<sup>-1</sup>) obtidos ao final, além de que, todos tiveram a velocidade de nado nos testes e retestes superiores a 85% do seu melhor tempo; e também, um aumento da frequência de braçadas nos últimos 25 metros de teste. Da mesma forma, os testes, nas duas distâncias propostas, apresentaram elevada fidedignidade e validade, apresentando valor de  $\rho$  de 0,91 para o teste/reteste de 100 metros e 0,95 para o de 200 metros. Sendo assim, como conclusão deste trabalho, foi comprovado que tanto o teste de 100 quanto o teste de 200 metros, realizados em máxima intensidade em natação são capazes de gerar, com precisão, a FCM de atletas de nível universitário. O terceiro capítulo objetivou verificar a relação dos parâmetros: idade, massa corporal, estatura, percentual de gordura, IMC e BSA) com a FCM obtida em exercício máximo de natação, além de propor uma equação de predição da FCM para nadadores e comparar os resultados obtidos com equações pré-estabelecidas como  $FCM = 220 - \text{idade}$ ,  $FCM = 208,75 - (0,73 \times \text{idade})$  gerada a partir de exercício de corrida e  $FCM = 205 - (0,687 \times \text{idade})$ , oriunda de prática em cicloergômetro. Utilizou-se os mesmos voluntários do primeiro estudo para compor a amostra deste trabalho. Assim como anteriormente, todos os avaliados foram submetidos a um teste máximo, específico para nadadores para a obtenção da FCM. Para a verificação da correlação entre a FCM e os fatores: idade, velocidade de nado e variáveis antropométricas, foi utilizada a correlação de Pearson. Para gerar as equações de regressão a partir das correlações, foi utilizada a regressão múltipla stepwise. Com o objetivo de comparar os resultados de FCM obtidos em teste e os estimados pelas equações foram realizados testes de Mann-Whitney Rank Sum Test. Em todos os casos foi adotado um nível de significância de  $p < 0,05$ . Quando feita a correlação das variáveis que poderiam interferir na FCM atingida pelos nadadores, somente a variável idade, especificamente dentro do grupo de atletas

universitários, se mostrou relacionada à FCM dos atletas avaliados. No entanto, a equação gerada para especificamente para este grupo apresentou baixos valores probabilísticos, atendendo a apenas 20,45% destes atletas. Quando comparados com os valores de FCM obtidos em teste de natação, todas as equações de predição testadas se mostraram estatisticamente diferentes. Sendo assim, concluiu-se com este trabalho que, na ausência de correlação entre as variáveis, não foi possível gerar uma equação de qualidade para estimar a FCM para nadadores. Além disso, equações preditoras da FCM já existentes não são recomendadas para prever estes valores para nadadores.

## ABSTRACT

SILVA, Rafael Gonçalves, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, april 2013. **Maximum heart rate in swimming athletes.** Adviser: João Carlos Bouzas Marins. Co-advisers: Paulo Roberto dos Santos Amorim and Jorge Roberto Perrout de Lima.

This dissertation consists of three chapters. The first chapter was to verify if the gender is a determining factor in maximum heart rate (MHR) obtained in maximum specific tests for swimming. The participants of study were 47 swimmers (mean age of  $17.89 \pm 3.02$  years, weight  $65.74 \pm 10.05$  kg, height  $1.71 \pm 0.08$  m and body fat percentage of  $14, 42 \pm 7.27\%$ ), well trained, being 33 men and 14 women divided into three subgroups: college athletes (18-25 years old, G1), elite athletes from the juvenil category (14-16 years old, G2) and elite athletes from the junior category (17-19 years old, G3). All evaluated were underwent a maximal test, specific for swimmers to obtain the MHR. Shapiro-Wilk test was used to verify the normality of the data. From this, the F-test analysis of variance was applied to compare the results of obtained MHR. In all cases the level of significance was set at  $p < 0.05$ . As a result, it was found that among the swimmers of the G1 values were obtained from MHR  $190.8 \pm 7.4$  bpm for men and  $187 \pm 9.6$  for women. For athletes of G2, values of  $192.08 \pm 8.7$  bpm for men and  $188 \pm 15.1$  bpm for women, while for G3 corresponded to  $183.5 \pm 4.2$  bpm for men and  $189.6 \pm 11.8$  bpm for women. When considering all assessed values MHR corresponded to  $189 \pm 4.5$  bpm for men and  $188.5 \pm 11.06$  bpm for women. In all study groups did not differ significantly according to gender MHR, could conclude that in athletes at the same age or technical level, this factor does not affect the response of the MHR when applied MHR maximum swimming test. The second chapter of this thesis aimed to validate a maximum test to obtain the MHR specific for swimmers. For this, the sample group of this study was composed of 15 college athletes (11 men and 4 women), aged  $21.27 \pm 2.49$  years, weight  $71.52 \pm 11.01$  kg, height of  $1, 74 \pm 0.08$  m and body fat percentage of  $18.14 \pm 6.06$ , which swam distances of 100 and 200 meters at full speed trying to achieve MHR. Parameters such as RPE, lactate concentration, swimming speed and stroke frequency were used as criteria to prove the validity of the tests. There was also the realization of retests for proving the reliability and objectivity of them. For the latter was performed Spearman correlation with a significance level of 1%. As a result of this methodology, the MHR obtained in the test and retest for distance of 100 meters

were  $187.67 \pm 7.23$  and  $188.33 \pm 8.33$  bpm, while for distance of 200 meters were  $187.67 \pm 7.54$  bpm and  $189.53 \pm 8.07$  bpm, respectively. The tests were validated in view of the RPE ( $19.28 \pm 0.49$ ) and lactate concentration ( $11.09 \pm 2.12$  mmol.l<sup>-1</sup>) obtained at the end, and that all had the swimming speed in testing and retesting than 85% of its fastest time, and also an increased frequency of strokes over the last 25 meters test. Likewise, the tests at the two distances proposals have high reliability and validity, with p value of 0.91 for the test / retest of 100 meters and 0.95 for 200 meters. So, as a conclusion of this study, it was found that both the 100 and 200 meters tests, performed at maximum intensity in swimming are able to generate, accurately, the MHR of college level athletes. The third chapter aimed to investigate the relationship of each parameter (age, weight, height, body fat percentage, BMI and BSA) with HRM obtained at swimming maximal exercise, and propose a prediction equation of MHR for swimmers and compare results equations obtained with pre-established as  $MHR = 220 - \text{age}$ ,  $MHR = 208.75 - (0.73 \times \text{age})$  generated from running exercise and  $MHR = 205 - (0.687 \times \text{age})$ , deriving from practice on a cycle ergometer. Was used the same group of the first study as the sample for this research. As before, all evaluated were underwent a maximal test, specific for swimmers to obtain the MHR. To verify the correlation between the MHR and the factors: age, swimming velocity and anthropometric variables, was used Pearson correlation. To generate the regression equations from the correlations, was used stepwise multiple regression. With the aim of comparing the results obtained in testing of MHR and the estimated equations were performed by Mann-Whitney rank sum test. In all cases was adopted a significance level of  $p < 0.05$ . When done the correlation of the variables that could interfere with the MHR achieved by swimmers, only the variable age, specifically within the group of college athletes, showed to be related to MHR athletes assessed. However, the equation generated specifically for this group showed low values probability, given only 20.45% of athletes. When compared with values obtained in MHR swimming test, all prediction equations tested showed statistically different. Thus, it was concluded that, in the absence of correlation between variables was not possible to generate an equation to estimate the quality of MHR for swimmers. Furthermore, the predictive equations existing MHR are not recommended for swimmers to predict these values.



## INTRODUÇÃO GERAL

Como a frequência cardíaca máxima (FCM) está diretamente relacionada com o consumo máximo de oxigênio, ela tem sido utilizada como uma aproximação para o trabalho cardíaco máximo (PSYCHARAKIS, 2011). Dessa forma, profissionais da Educação Física têm utilizado a Frequência Cardíaca (FC) para prescrever o treinamento, controlando a intensidade de treino (ZAVORSKY, 2000). Esta é provavelmente a mensuração mais utilizada para se prescrever intensidades de treinamento em programas de exercícios físicos, sendo geralmente expressa em porcentual da máxima ou da FC de reserva, descrito por Karvonen *et al.* (1957) (SILVA *et al.*, 2007).

Para a utilização destes métodos é necessário ter os valores de FCM, que pode ser estimada por equações ou obtida através de testes máximos (MARINS E FERNANDEZ, 2004).

Algumas equações como  $FCM = 220 - \text{idade}$  e  $FCM = 208 - (0,7 \times \text{idade})$  (TANAKA *et al.*, 2001) mostraram-se semelhantes para predição da FCM de indivíduos do sexo masculino e feminino, com faixa etária de 12 a 69 anos, demonstrando forte correlação ( $r = 0,72$ ) com a obtida em teste (CAMARDA *et al.*, 2008)

Entretanto, é sabido que a relação entre FCM e idade não é linear (TANAKA *et al.*, 2001). Muitos estudos rigorosos relataram que a FCM declina a uma taxa de cerca de 3-5% por década, independentemente do sexo ou nível de condicionamento físico, enquanto a equação  $220 - \text{idade}$  implica uma queda de 5-7% por década, por isso "a fórmula padrão de predição" é questionável (GELLISH *et al.*, 2007). Além disso, é relatado que o treinamento de endurance pode atenuar a diminuição FCM relacionada à idade (ZAVORSKY, 2000) gerando outra interferência que pode limitar esta estimativa.

Outra forma para se obter a FCM seria submetendo o avaliado a um teste classificado como máximo, sendo este de característica aeróbica ou anaeróbica (MARINS E FERNANDEZ, 2004). Assim, as prescrições da intensidade do exercício devem ser baseadas em medições diretas da FCM, pelo fato de que uma equação geral não pode prever a verdadeira FCM em alguns indivíduos ou populações

específicas e em diferentes tipos de exercício devido à sua especificidade e/ou quantidade de massa muscular envolvida (SANTOS *et al.*, 2005).

Sabe-se que a FCM pode ser alterada por vários fatores que não são facilmente controladas, como: variação circadiana, fadiga, motivação, estresse ou nível de aptidão (BOUDET *et al.*, 2002). A influência dessas variáveis dificulta uma abordagem precisa para estimar a FCM, o que pode ter implicações ao se prescrever exercícios baseados em valores preditos para idade, especialmente para indivíduos idosos, os quais apresentam maior prevalência de doenças cardiovasculares (SILVA *et al.*, 2007).

Além disso, a FCM pode variar de acordo com a fase e com o nível de treinamento do atleta (ZAVORSKY, 2000). A FCM quando obtida e/ou estimada de maneira inadequada em ambiente de treino pode gerar imprecisão no cálculo das cargas de trabalho, podendo superestimar valores de FC de treino e induzir o overtraining (SNYDER *et al.*, 1995).

Contudo, tendo em vista que na natação, em função de fatores como o reflexo de mergulho, posição horizontal de nado, a maior condução de calor pela água, o menor efeito da gravidade e a facilitação do retorno venoso pela pressão hidrostática, ocorre uma modificação na resposta da FC (KRUEL e SAMPEDRO, 1997), inclusive a FCM, o que torna inválido o uso de equações que foram validadas para ambiente terrestre.

Com o intuito de obter a FCM em atletas de natação, a maioria dos treinadores têm utilizado testes longos e com metodologias questionáveis a este objetivo, realizados de forma progressiva com o objetivo principal de identificação do limiar anaeróbico (RIBEIRO *et al.*, 2004). O desenvolvimento de um protocolo específico de natação para detectar a FCM poderá reduzir consideravelmente o número de erros de prescrição gerados pela obtenção incorreta deste valor.

Sendo assim, se torna necessária uma consistente compreensão acerca de possíveis fatores influenciadores da FCM, bem como a validação de equações e testes máximos direcionados especificamente para a obtenção da FCM neste esporte.

## OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Analisar e compreender o comportamento da FCM obtida em exercício de natação.

### 2.2. Objetivos Específicos

Verificar se o fator sexo é determinante na FCM obtida em testes máximos específicos para natação;

Validar um teste máximo para a obtenção da FCM específica para atletas de natação;

Verificar a relação de cada parâmetro (idade, massa corporal, estatura, percentual de gordura, IMC e BSA) com a FCM obtida em exercício máximo de natação;

Propor uma equação de predição da FCM para nadadores;

Comparar a FCM obtida frente a equações pré-estabelecidas.

## REFERÊNCIAS

- BOUDET, G.; GARET, M.; BEDU, M.; ALBUISSON, E.; CHAMOUX, A. Median maximal heart rate for heart rate calibration in different conditions: laboratory, field and competition. **Internationa Journal of Sports Medicine**, v. 23, n. 4, p. 290-7, 2002.
- CAMARDA, S. R. A.; TEBEXRENI, A. S.; PÁFARO, C. N.; SASAI, F. B.; TAMBEIRO, V. L.; JULIANO, Y.; NETO, T. L. B. Comparação da Frequência Cardíaca Máxima Medida com as Fórmulas de Predição Propostas por Karvonen e Tanaka. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 91, n. 5, p. 311-314, 2008.
- GELLISH, R. L.; GOSLIN, B. R.; OLSON, R. E.; MCDONALD, A.; RUSSI, G. D.; MOUDGIL, V. K. Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 5, p. 822-9, 2007.
- KARVONEN, M. J.; KENTALA, E.; MUSTALA, O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. **Annales Medicinæ Experimentalis et Biologiae Fenniae**, v. 35, n. 3, p. 307-15, 1957.
- KRUEL, L. F. M.; SAMPEDRO, R. M. F. Sistema cardiocirculatório – uma revisão. **Revista Mineira de Educação Física**, v. 5, n. 2, p. 56-68, 1997.
- MARINS, J. C. B.; FERNANDEZ, M. D. Comparação da frequência cardíaca Máxima por meio de provas com perfil aeróbico e anaeróbico. **Fitness e Performance Journal**, v. 3, n. 3, p. 166-74, 2004.
- PSYCHARAKIS, S. G. A longitudinal analysis on the validity and reliability of ratings of perceived exertion for elite swimmers. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 2, p. 420-6, 2011.
- RIBEIRO, L. F. P.; BALDISSERA, V.; BALAKIAN, P.; SOARES, A. R. Limiar anaeróbico em natação: comparação entre diferentes protocolos. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 18, n. 2, p. 201-212, 2004.
- SANTOS, A. L.; SILVA, S. C.; FARINATTI, P. T. V.; MONTEIRO, W. D. Respostas da frequência cardíaca de pico em testes máximos de campo e laboratório. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 3, 2005.
- SILVA, V. A. P.; BOTTARO, M.; JUSTINO, M. A.; RIBEIRO, M. M.; LIMA, R. M.; OLIVEIRA, R. J. Frequência Cardíaca Máxima em Idosas Brasileiras: uma Comparação entre Valores Medidos e Previstos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 88, n. 3, p. 314-320, 2007.
- SNYDER, A. C.; KUIPERS, H.; CHENG, B.; SERVAIS, R.; FRANSEN, E. Overtraining following intensified training with normal muscle glycogen. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, n. 7, p. 1063-70, 1995.

TANAKA, H.; MONAHAN, K. D.; SEALS, D. R. Age-predicted maximal heart rate revisited. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 37, n. 1, p. 153-6, 2001.

ZAVORSKY, G. S. Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. **Sports Medicine**, v. 29, n. 1, p. 13-26, 2000.

## **CAPÍTULO 1: O FATOR SEXO PODE INTERFERIR NA FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA EM NATAÇÃO?**

### **RESUMO**

**Introdução:** O monitoramento da frequência cardíaca (FC) como forma de controle de intensidade é uma tendência positiva que deve ser adotada por treinadores durante o treinamento de natação. No entanto, homens e mulheres possuem diferenças físicas e fisiológicas que podem influir na frequência cardíaca máxima (FCM). **Objetivo:** Verificar se o fator sexo é determinante na FCM obtida em testes máximos específicos para natação. **Metodologia:** Fizeram parte do estudo 47 atletas de natação (com média de idade de  $17,89 \pm 3,02$  anos, massa corporal de  $65,74 \pm 10,05$  quilos, estatura de  $1,71 \pm 0,08$  metros e percentual de gordura de  $14,42 \pm 7,27\%$ ), bem treinados, sendo em 33 homens e 14 mulheres e separados em três subgrupos: atletas universitários (G-1 – 15 atletas, 11 homens e 4 mulheres), atletas de elite da categoria juvenil (G-2 – 16 atletas, 13 homens e 3 mulheres) e atletas de elite da categoria junior (G-3 – 16 atletas, 9 homens e 7 mulheres). Todos os avaliados foram submetidos a um teste máximo, específico para nadadores para a obtenção da FCM. Utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk para a verificação da normalidade dos dados. A partir disto, foi aplicado o teste F da análise de variância, a fim de comparar os resultados de FCM obtidos. Em todos os casos o nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ . **Resultados:** Entre os nadadores do G-1 foram obtidos valores de FCM de  $190,8 \pm 7,4$  bpm para os homens e  $187 \pm 9,6$  para mulheres. Para os nadadores do G-2, foram obtidos valores de  $192,08 \pm 8,7$  bpm para os homens e  $188 \pm 15,1$  bpm para mulheres, enquanto que para G-3 correspondeu a  $183,5 \pm 4,2$  bpm para os homens e  $189,6 \pm 11,8$  bpm para mulheres. Quando considerada a totalidade dos avaliados, os valores de FCM corresponderam a  $189 \pm 4,5$  bpm para os homens e de  $188,5 \pm 11,06$  bpm para as mulheres. Em todos os grupos avaliados não houve diferença significativa da FCM em função do sexo. **Conclusão:** Em atletas de mesmo nível técnico e idade, o fator sexo não influi na resposta da FCM quando aplicados teste máximos de natação.

**Palavras-chave:** Frequência cardíaca; Avaliação Física; Natação.

## ABSTRACT

**Introduction:** The monitoring of heart rate (HR) as a way to control loudness is a positive trend that should be embraced by coaches during swimming training. However, men and women have physical and physiological differences that may influence the maximum heart rate (MHR). **Objective:** To determine whether gender is a determining factor in the MHR obtained from specific maximum test for swimming. **Methods:** Study participants were 47 swimmers (mean age of  $17.89 \pm 3.02$  years, weight  $65.74 \pm 10.05$  kg, height  $1.71 \pm 0.08$  m and body fat percentage of  $14.42 \pm 7.27\%$ ), well trained, being 33 men and 14 women divided into three subgroups: college athletes (18-25 years old - G-1 – 15 athletes, 11 mans and 4 womans), elite athletes from the juvenil category (14-16 years old - G-2 – 16 athletes, 13 mans and 3 womans) and elite athletes from the junior category (17-19 years old - G-3 - 16 athletes, 9 mans and 7 womans). All evaluated were underwent a maximal test, specific for swimmers to obtain the MHR. Shapiro-Wilk test was used to verify the normality of the data. From this, the analysis of variance (F-test) was applied to compare the results of MHR obtained. In all cases the level of significance was set at  $p < 0.05$ . **Results:** Among the swimmers of the G-1 values were obtained from FCM  $190.8 \pm 7.4$  bpm for men and  $187 \pm 9.6$  for women. For athletes of G-2, values of  $192.08 \pm 8.7$  bpm for men and  $188 \pm 15.1$  bpm for women, while for G-3 corresponded to  $183.5 \pm 4.2$  bpm for men and  $189.6 \pm 11.8$  bpm for women. When considering all assessed values HRM corresponded to  $189 \pm 4.5$  bpm for men and  $188.5 \pm 11.06$  bpm for women. In all study groups did not differ as a function of the FCM genre factor. **Conclusion:** In athletes of the same age and technical level, the gender factor does not affect the response of the MHR when applied maximum swimming test.

**Keywords:** Heart Rate; Physical Evaluation; Swimming.

## 1. INTRODUÇÃO

O controle da carga de treinamento é fundamental principalmente no esporte competitivo. Isso permite que o atleta atinja o melhor nível de capacidade competitiva com um menor risco lesional (ZAVORSKY *et al.*, 2010). O controle de intensidade de cada estímulo dentro da sessão de treino é imprescindível, de forma a possibilitar melhoras consideráveis na performance em função do bom uso dos princípios do treinamento e suas especificidades (LAURSEN, 2010).

Novas tecnologias e metodologias voltadas para o treinamento têm exigido dos treinadores e preparadores físicos uma constante atualização (SPERLICH *et al.*, 2010). Dentre as formas de controle de intensidade, em especial no treinamento da capacidade aeróbica, têm-se como padrão ouro a medição direta do consumo de Oxigênio (VO<sub>2</sub>) (FERNANDES *et al.*, 2003). Além disso, destacam-se outras formas indiretas como a concentração de lactato sanguíneo (DEMINICE *et al.*, 2010); o registro da intensidade pela escala subjetiva de esforço (PSE) (TIGGEMANN *et al.*, 2010) e o controle pela frequência cardíaca (FC) (DRILLER, 2009).

A utilização da FC como forma de controle da intensidade tem sido usada em variadas modalidades coletivas (COELHO *et al.*, 2012; ALEXANDRE *et al.*, 2012) e individuais (MILANEZ *et al.*, 2012; MARINS e FERNANDEZ, 2004), a fim de qualificar esse trabalho (CAPUTO *et al.* 2005). Tiggemann *et al.* (2010) mostram que o uso da FC se destaca entre outros meios de controle de intensidade pela sua praticidade e eficácia, tendo em vista que a progressão da FC corresponde de forma linear com o consumo de oxigênio em um determinado estímulo (ACHTEN e JEUKENDRUP, 2003), proporcionando assim uma excelente forma de controle de intensidade de treino.

O método de trabalho a partir da FC de reserva é recomendado por Karvonen *et al.* (1957) para calcular a intensidade de treinamento e sendo referendado pelo ACSM (2006) como forma de cálculo da intensidade de treino. Para se calcular a FC de reserva, toma-se por base a FC Máxima (FCM) real ou estimada por equações genéricas que são usadas para predizê-la. Contudo, no caso de atletas, o uso de tais equações não parece ser adequado, pois é necessário haver uma individualização da carga de treino devendo ser determinada diretamente para cada indivíduo (CAMARDA *et al.* 2008).



Alguns estudos, como o de Islan (2005), observaram diferenças significativas quando comparadas as frequências cardíacas obtidas em diferentes níveis metabólicos entre os sexos. Contudo, outros trabalhos (MARINS *et al.*, 2007; BENTO *et al.*, 2009; MILANEZ *et al.*, 2012; KRINSKY *et al.*, 2012) não observaram esta diferença, não havendo assim uma posição clara sobre o assunto.

Homens e mulheres possuem diferenças físicas e fisiológicas que podem contribuir para uma discordância nos valores de frequência cardíaca máxima. Fatores como a quantidade de massa muscular envolvida, tamanho e espessura das cavidades do coração e fatores hormonais (ZAVORSKY, 2000) podem ser influenciadores na resposta da FC. No entanto, quando se trata do exercício de natação, dentre os pesquisados, nenhum estudo teve como objetivo comparar valores de FCM entre sexos foi encontrado em uma revisão feita em dezembro de 2012 nas bases de dados PUBMED e Scielo com os descritores: frequência cardíaca máxima, natação, equação, e suas respectivas traduções para a língua inglesa, “maximum heart rate”, “swimming”, e “equation”, o que torna este estudo exploratório nesse tema.

Estudar as particularidades da resposta da FC em nadadores, em especial considerando o fator sexo é imprescindível, visto que estas características podem gerar possíveis diferenças entre estes atletas, influenciando assim na prescrição de exercícios. Dessa forma, se pretende com esse estudo reduzir erros na prescrição, além de aumentar a segurança do técnico ou preparador físico durante a sessão de treino. Sendo assim, estabeleceu-se como objetivo do estudo verificar se o fator sexo é determinante na FCM obtidos em testes máximos específicos para natação.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido a partir de uma amostra de conveniência. Todos eram classificados como atletas de natação distribuídos em três grupos distintos de nível de performance, sendo o primeiro composto por atletas universitários (G1), o segundo por atletas da categoria Juvenil (G2), e o terceiro por atletas da categoria Júnior (G3), destacando que os dois últimos grupos eram considerados de alto nível competitivo de âmbito nacional e internacional e que treinavam regularmente em um clube de referência nacional localizado no estado de São Paulo. Além disso, todos os atletas treinavam por, no mínimo, um ano, de forma sistematizada até a realização desta coleta de dados.

Todos os atletas, de todos os grupos, se encontravam na fase de transição dentro da periodização do treinamento, ou seja, estavam recém-saídos da fase competitiva, no auge de sua preparação. A tabela 1 apresenta as características gerais da amostra, como tamanho amostral de cada grupo e suas características antropométricas.

**Tabela 1. Características gerais da amostra. Valores antropométricos representados por média  $\pm$  desvio padrão.**

Grupo	(N) total	(N) homens	(N) mulheres	Idade (anos)	Massa corporal (kg)	Estatura (m)	%G*
G1	15	11	4	21,27 $\pm$ 2,49	71,52 $\pm$ 11,01	1,74 $\pm$ 0,08	18,14 $\pm$ 6,06
G2	16	13	3	14,88 $\pm$ 0,62	63,46 $\pm$ 9,08	1,69 $\pm$ 0,06	11,01 $\pm$ 6,15
G3	16	9	7	17,75 $\pm$ 0,77	62,59 $\pm$ 8,05	1,70 $\pm$ 0,10	14,33 $\pm$ 7,97
G2+G3 (elite)	32	22	10	16,31 $\pm$ 1,62	63,03 $\pm$ 8,45	1,70 $\pm$ 0,08	12,67 $\pm$ 7,21
G1+G2+G3 (todos)	47	33	14	17,89 $\pm$ 3,02	65,74 $\pm$ 10,05	1,71 $\pm$ 0,08	14,42 $\pm$ 7,27

\* Cálculo do percentual de gordura pela equação de estimativa por sete dobras cutâneas de Jackson e Pollock (1978).

**Tabela 2. Características gerais da amostra (divididas por sexo). Valores antropométricos representados por média  $\pm$  desvio padrão.**

Grupo	N		Idade (anos)		Massa corporal (kg)		Estatura (m)		%G*	
	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.
<b>G1</b>	11	4	22,09 $\pm$ 2,35	19,00 $\pm$ 0,81	76,92 $\pm$ 5,40	56,67 $\pm$ 8,17	1,77 $\pm$ 0,05	1,64 $\pm$ 0,07	16,36 $\pm$ 5,86	23,02 $\pm$ 3,64
<b>G2</b>	13	3	15,00 $\pm$ 0,57	14,33 $\pm$ 0,57	65,23 $\pm$ 9,08	55,80 $\pm$ 3,83	1,75 $\pm$ 0,13	1,59 $\pm$ 0,05	8,55 $\pm$ 2,72	21,63 $\pm$ 5,57
<b>G3</b>	9	7	17,62 $\pm$ 0,91	17,87 $\pm$ 0,64	68,01 $\pm$ 5,40	57,16 $\pm$ 6,45	1,82 $\pm$ 0,10	1,62 $\pm$ 0,14	7,12 $\pm$ 2,14	21,53 $\pm$ 3,59
<b>G2+G3 (elite)</b>	22	10	16,00 $\pm$ 1,48	16,91 $\pm$ 7,87	66,29 $\pm$ 7,87	56,79 $\pm$ 5,70	1,72 $\pm$ 0,06	1,64 $\pm$ 0,08	8,01 $\pm$ 2,56	21,56 $\pm$ 3,90
<b>G1+G2+G3 (todos)</b>	33	14	18,09 $\pm$ 3,39	17,43 $\pm$ 1,87	69,46 $\pm$ 9,00	56,95 $\pm$ 6,31	1,74 $\pm$ 0,06	1,63 $\pm$ 0,08	11,14 $\pm$ 5,72	22,14 $\pm$ 3,84

\* Cálculo do percentual de gordura pela equação de estimativa por sete dobras cutâneas de Jackson e Pollock (1978).

A todos que tiveram interesse de participar do estudo, foi explicado detalhadamente todo o processo ao qual seriam submetidos, e esclarecidos que não haveria, em hipótese alguma, qualquer tipo de recompensa financeira ou material pela participação no estudo.

Um termo de consentimento (Anexo 1) foi assinado antes de serem submetidos a qualquer tipo de esforço, deixando claro que a sua participação seria por livre espontaneidade e que todos estariam cientes dos procedimentos e das possíveis sensações características do teste. Além disso, foram informados de que poderiam abandonar o estudo quando desejassem. No caso dos avaliados menores de 18 anos, os pais tiveram acesso a este documento e autorizaram a participação dos seus filhos nesta pesquisa.

Para assegurar a integridade dos participantes do estudo, todos os atletas haviam passado por exames clínicos nos últimos 3 meses em que comprovavam sua capacidade para realizar qualquer tipo de exercício físico com a segurança necessária, não havendo registros de sujeitos com problemas cardíacos, ou metabólicos do tipo diabetes.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Viçosa e de acordo com as Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas Envolvendo Seres Humanos (Of.Ref.Nº 180/2011).

As medidas antropométricas (massa corporal, estatura e percentual de gordura) foram coletadas para a caracterização da amostra antes da realização dos testes, sendo estas feitas por um mesmo avaliador, integrante do grupo de avaliadores do Laboratório de Performance Humana (LAPEH) da UFV. Os registros

antropométricos tomaram como referência as indicações propostas por Marfell-Jones *et al.* (2006), sendo realizadas sempre no período da manhã. Para o cálculo do percentual de gordura, foi utilizando a equação de estimativa por sete dobras cutâneas de Jackson e Pollock (1978). Foi utilizado o software Avaesporte<sup>®</sup> para calcular os dados de percentual de gordura.

Para o registro da frequência cardíaca ao longo do experimento foi utilizado o monitor cardíaco (TEAM2PRO<sup>®</sup>, Polar<sup>®</sup>, Finlândia). Para que a banda do monitor cardíaco não se deslocasse da sua posição inicial (abaixo do processo xifóide), todos os nadadores (inclusive os homens) utilizaram um “top” colocado para manter a fita transmissora no local de melhor contato para a coleta dos batimentos pela banda (figura 1), de forma a não haver perda no sinal de registro da FC.



**Figura 1. Exemplo da fixação do monitor cardíaco nos nadadores**

O protocolo aplicado correspondeu a duas fases, uma de aquecimento e outra considerada como principal. Na fase preparatória, o atleta nadou 400 metros no estilo crawl (saindo de dentro da piscina) em uma intensidade que varia de leve a moderada (80 a 140 bpm). O tempo de aquecimento foi variável, porém nunca inferior a 4 e nem superior a 8 minutos, assim como observado nos trabalhos de Marins e Fernandez (2007) e no de Scolfaro *et al.* (1998) em testes para obter a FCM em corredores.

Logo após a fase de aquecimento, sem interrupção, foi realizada a parte principal, em que o atleta completou no menor tempo possível a distância de 200 metros, (também no estilo crawl). A escolha dessa distância tomou como base o trabalho de Silva *et al.* (2010), em que esta é a distância considerada mais apropriada para atender a necessidades de velocistas, fundistas e meio-fundistas.

O teste foi considerado máximo quando o atleta atingiu dois requisitos dentre os três citados abaixo:

a) completar o protocolo entre 85% e 100% de seu melhor desempenho registrado; b) obter valores de concentração de lactato pós-teste superiores a 8mmol/L (ACSM, 2006); c) relatar valores de PSE (escala de Borg 6 a 20) superior a 18 (ACSM, 2006).

Durante a realização de parte principal dos testes foi registrada a contagem das braçadas do nado a cada 25 metros. A diferença entre o maior e o menor número de braçadas foi chamada de  $\Delta$ FB. Essa contagem foi observada para relação com o esforço do atleta.

Após a chegada ao final do teste, os atletas indicavam sua percepção subjetiva de esforço (PSE) em uma tabela com valores que variavam de 6 (sem esforço algum) a 20 (máxima intensidade) (BORG, 1982).

Depois de indicarem sua PSE, foi registrada a concentração de lactato sanguíneo. As amostras foram obtidas por punção na polpa digital a cada minuto, até que um valor inferior ao anterior fosse registrado, adotando assim, este valor mais elevado. Este processo foi realizado por meio do uso de lancetas (Accu-check Softclix<sup>®</sup>, Roche<sup>®</sup>, Brasil) e a coleta do sangue nas fitas apropriadas foram analisadas por aparelho destinado a esse fim (Accutrend<sup>®</sup>, Roche<sup>®</sup>, Brasil). Todo o material descartável era destinado de forma correta em recipientes apropriados e destinados como lixo hospitalar, respeitando assim as normas de segurança biológica e respeito ao meio ambiente.

Todos os testes foram aplicados no período da manhã, tendo início a partir das 8:00 horas e finalizando às 10:00 horas. Os testes foram realizados em uma piscina olímpica, porém as raias foram dispostas em 25 metros. A temperatura da água variou entre 25 e 28°C, estando dentro das normas recomendadas pela FINA (2013). Além disso, no dia anterior à realização dos mesmos, os treinos foram suspensos, afim de não haver possíveis interferências nos resultados.

Para mensuração da massa corporal foi utilizada uma balança digital (w 200A, Welmy<sup>®</sup>, Brasil) com precisão em 100 gramas. Para a medição da estatura, um estadiômetro (ES2030, Sanny<sup>®</sup>, Brasil) com precisão em milímetros, e para a mensuração das dobras cutâneas, um plicômetro (Científico, Cescorf<sup>®</sup>, Brasil) com precisão em 0,1 milímetros. No registro do tempo de duração dos testes foi utilizado um cronômetro (z-100, TYR<sup>®</sup>, USA) com precisão em 0,01 segundos.

Foi utilizado para o registro da frequência cardíaca o monitor cardíaco (TEAM2PRO<sup>®</sup>, Polar<sup>®</sup>, Finlândia), programado para registrar a FC com intervalo a

cada segundo. Os dados foram transmitidos para um computador pessoal (Presario CQ40-713BR<sup>®</sup>, COMPAQ HP, Brasil) e posteriormente organizados pelo programa POLAR TEAM2<sup>®</sup>.

Inicialmente empregou-se o tratamento estatístico a fim de verificar a normalidade dos dados, sendo aplicado o teste de Shapiro Wilk. Tendo em vista que os dados de FCM apresentaram distribuição normal, foram utilizados os procedimentos da estatística descritiva como média, desvio-padrão, valor máximo e mínimo para as variáveis analisadas.

Foram confrontados os valores de FCM entre homens e mulheres dentro de cada grupo e dentro do grupo dos atletas de elite (G2+G3) a fim de verificar possíveis diferenças entre os sexos. Para este objetivo, foi aplicado o teste F da análise de variância. Em todos os casos o nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ . Para esta análise, utilizou-se o pacote estatístico GENES 2012.

### 3. RESULTADOS

Não foram encontradas diferenças significativas na FCM entre os sexos em nenhum dos grupos em que análise foi feita (G1 -  $p = 0,993$ ; G2 -  $p = 0,532$ ; G3 -  $p = 0,190$ ). Seguem na tabela abaixo (tabela 3 e figura 2) os valores de FCM encontrados em cada grupo.

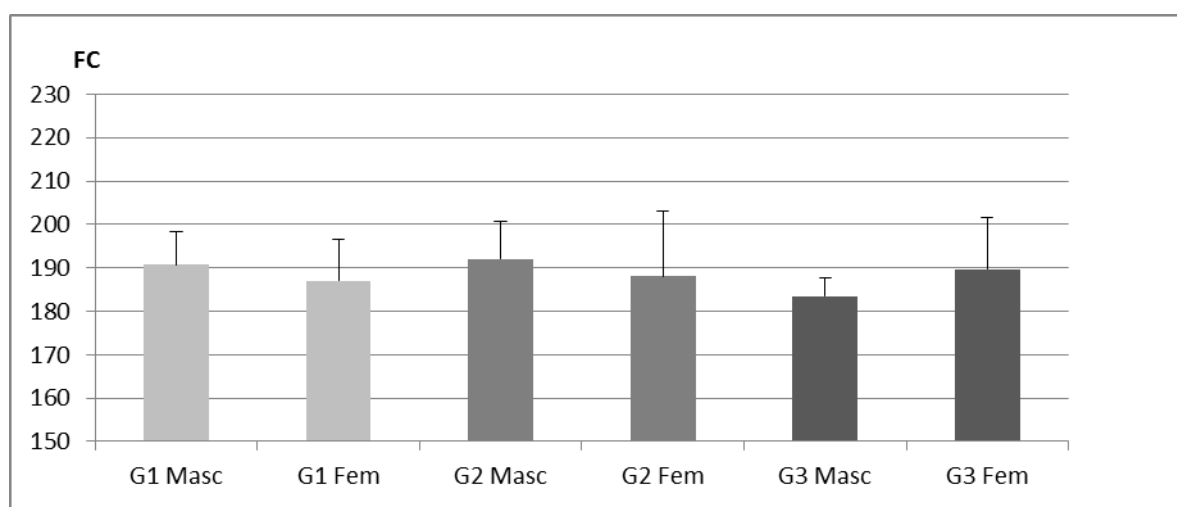
**Tabela 3. Valores médios de FCM (bpm), desvio padrão, valores máximos e mínimos encontrados em cada grupo de atletas.**

	G1 total	G1 masc.	G1 fem.	G2 total	G2 masc.	G2 fem.	G3 total	G3 masc.	G3 fem.
Média FCM	189,53	190,80	187,00	191,31	192,08	188,00	186,56	183,50	189,63
Desvio Padrão	8,07	7,41	9,62	9,73	8,77	15,13	9,16	4,21	11,86
Valor máximo	203	203	200	207	207	200	210	188	210
Valor mínimo	177	180	177	171	181	171	175	175	176

G1 - Atletas universitários ( $p = 0,993$ )

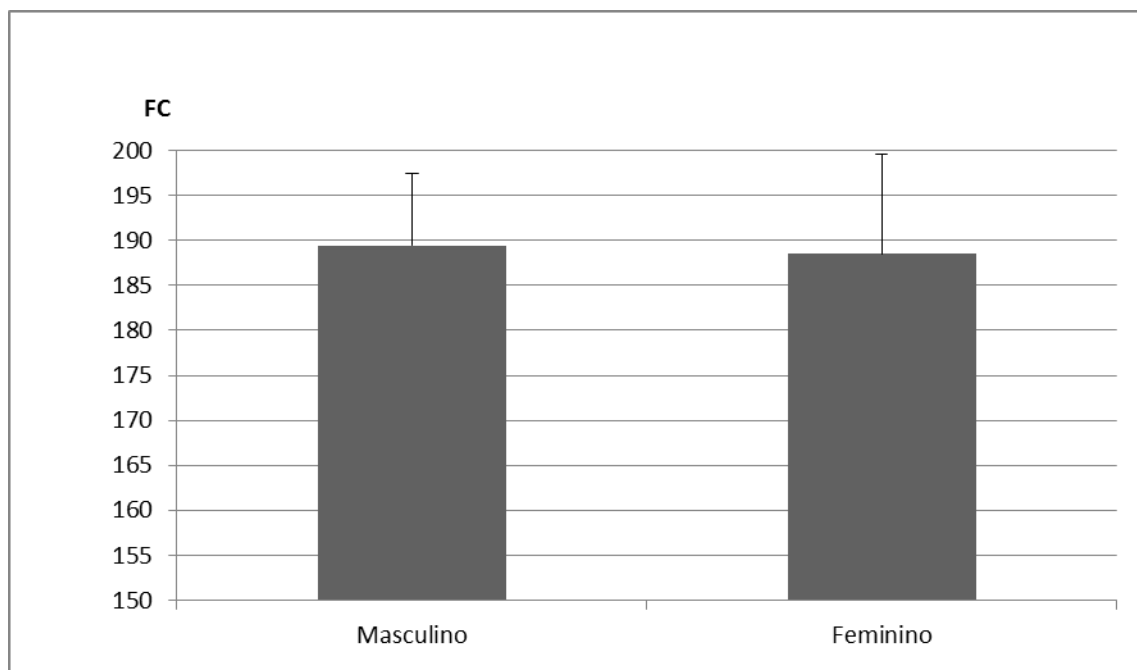
G2 - Atletas de elite da categoria Juvenil ( $p = 0,532$ )

G3 - Atletas de elite da categoria Júnior ( $p = 0,190$ )



**Figura 2. Dados de FCM obtidos em natação, discriminados pelo fator sexo e separado entre os grupos de estudo.**

Além disso, quando agrupados todos os indivíduos da amostra e separando-os por sexo para comparação, nenhuma diferença estatística foi encontrada ( $p = 0,944$ ) (tabela 4 e figura 3).



**Figura 3. Dados de FCM obtidos em natação, discriminados pelo fator sexo.**

**Tabela 4. Valores médios de FCM (bpm), desvio padrão, valores máximos e mínimos encontrados quando agrupados todos os atletas.**

	Geral	Geral masc.	Geral Fem.
Média FCM	189,13	189,45	188,50
Desvio Padrão	9,06	8,02	11,06
Valor máximo	210	207	210
Valor mínimo	171	175	171

*Ausência de diferença significativa entre os valores de FCM de homens e mulheres ( $p = 0,944$ )*

Além dos valores de FCM, outros parâmetros foram observados neste estudo para avaliar a máxima intensidade do esforço em teste. Na tabela 4 são apresentados os dados referentes à percepção subjetiva de esforço, concentração de lactato, porcentagem do melhor tempo e a diferença entre o maior e o menor número de braçadas contadas a cada 25 metros ( $\Delta$ FB), referente à fase de esforço máximo do teste proposto, em que o valor positivo caracteriza o aumento do número de braçadas.



**Tabela 5. Valores médios (média  $\pm$  desvio padrão) de PSE, concentração de lactato pós-teste, % do melhor tempo e delta da frequência de braçadas.**

	G1 total	G1 masc.	G1 fem.	G2 total	G2 masc.	G2 fem.	G3 total	G3 masc.	G3 fem.
PSE	19,33 $\pm$ 8,07	19,36 $\pm$ 0,67	19,25 $\pm$ 0,5	18,19 $\pm$ 0,40	18,15 $\pm$ 0,37	18,33 $\pm$ 0,58	18,69 $\pm$ 0,7	19 $\pm$ 0,76	18,33 $\pm$ 0,5
Lactato	10,54 $\pm$ 2,30	11,18 $\pm$ 2,28	8,77 $\pm$ 1,31	9,5 $\pm$ 0,57	9,7 $\pm$ 0,5	8,9 $\pm$ 0,48	9,4 $\pm$ 1,19	9,05 $\pm$ 0,35	9,75 $\pm$ 1,91
%MT	91,11 $\pm$ 2,67	90,71 $\pm$ 2,88	92,24 $\pm$ 1,81	87,77 $\pm$ 4,73	86,45 $\pm$ 4,21	93,49 $\pm$ 0,99	95,24 $\pm$ 1,85	94,64 $\pm$ 1,94	95,47 $\pm$ 1,92
$\Delta$ FB	4,27 $\pm$ 1,33	4,27 $\pm$ 1,27	4,25 $\pm$ 1,71	3,38 $\pm$ 1,45	3,46 $\pm$ 1,56	3,46 $\pm$ 1	2,31 $\pm$ 0,87	2,5 $\pm$ 0,76	2,22 $\pm$ 0,97

*PSE = Percepção subjetiva de esforço; Lactato = concentração de lactato (mmol.l<sup>-1</sup>); %MT = percentual do melhor tempo;  $\Delta$ FB = delta da frequência de braçadas.*

*\* Ausência de diferença estatística entre homens e mulheres e entre os grupos analisados em cada variável estudada.*

#### 4. DISCUSSÃO

A análise dos dados deste estudo mostra que a FCM não apresentou diferenças significativas entre os sexos tanto quando considerados os três grupos avaliados separadamente como na totalidade dos atletas (tabela 3). Estes resultados apontam que o fator sexo não influenciou na resposta cardiovascular dentro dos grupos estudados. Além disso, quando agrupados os grupos formados por atletas de elite (G2 e G3), a inexistência de diferença estatística se manteve.

A FCM é o valor mais elevado da frequência cardíaca que um indivíduo pode atingir em um esforço máximo específico, até o ponto de exaustão (WILMORE e COSTILL, 2005). No presente estudo, os critérios utilizados para classificar o teste como máximo foram: completar a parte principal do teste com valores superiores a 85% de seu melhor tempo; atingir concentrações de lactato superiores a  $8 \text{ mmol/L}^{-1}$ , obter valores de PSE acima de 18 (BENTO *et al.*, 2009). Dois dos três requisitos citados deveriam ser atingidos, o que ocorreu em todos os avaliados, indicando claramente que o esforço realizado pelos atletas assumiu características de intensidade máxima.

Diversos estudos tiveram como foco comparar a FCM frente ao fator sexo, contudo, na maioria dos casos em exercícios em ambiente terrestre, como corrida e ciclismo. Os resultados se mostraram semelhantes, todos sem diferença significativa quando comparados homens e mulheres, conforme apresentado de forma resumida no quadro 1.

**Quadro 1. Resposta da FCM pelo fator sexo em diferentes formas de exercício.**

Referência	Exercício	Sexo	Idade (anos)	FCM (bpm)	Resultado
Marins <i>et al.</i> (2013)	Ciclismo	M	22,2 ± 2,7	183,5 ± 8,1	NM
		F	21,9 ± 1,9	175,6 ± 8,5	
Milanez <i>et al.</i> (2012)	Corrida em esteira	M	24 ± 6,4	198 ± 6	SD
		F	19,5 ± 2,1	194 ± 6	
Krinski <i>et al.</i> (2012)	Corrida em esteira	M	24,05 ± 3,3	189,8 ± 5,4	SD
		F	22,58 ± 2,67	190,1 ± 7	
Bento <i>et al.</i> (2009)	Corrida em esteira	M	20,4 ± 1,6	194 ± 7	SD
		F	20 ± 2,9	197 ± 13,16	
Bento <i>et al.</i> (2009)	Corrida aquática	M	20,4 ± 1,6	180 ± 11,79	SD
		F	20 ± 2,9	180 ± 11,79	
Marins <i>et al.</i> (2007)	Corrida em pista	M	Entre 16 e 27	191,4 ± 8,2	SD
		F	Entre 16 e 27	192,1 ± 6,2	
Martins <i>et al.</i> (2007)	Bicicleta Aquática	M	24 ± 6	181 ± 12	SD
		F	24 ± 6	181 ± 10	
Weber e Schneider (2001)	Ciclismo	M	23,6 ± 1,3	192 ± 2	SD
		F	25,3 ± 2	191 ± 2	
Crouter <i>et al.</i> (2000)	Corrida em esteira	M	19,4 ± 1,6	188 ± 8	SD
		F	19,6 ± 1,5	191 ± 6	
Held et al (1999)	Corrida em esteira	M	22,9 ± 5,5	194,5 ± 8	SD
		F	22,7 ± 4,5	194,2 ± 9,2	
Engels <i>et al.</i> (1998)	Corrida em esteira	M	38,04 ± 12,8	188,3 ± 12,6	SD
		F	35,14 ± 10,2	189,9 ± 11,2	
Scolfaro <i>et al.</i> (1998)	Ciclismo	M	21,85 ± 2,4	181,11 ± 6,6	NM
		F	21,65 ± 1,86	175,65 ± 8,5	
Scolfaro <i>et al.</i> (1998)	Natação	M	21,85 ± 2,4	177,92 ± 9,39	NM
		F	21,65 ± 1,86	176,23 ± 10,03	
Scolfaro <i>et al.</i> (1998)	Corrida em pista	M	21,85 ± 2,4	193,42 ± 6,78	NM
		F	21,65 ± 1,86	190,24 ± 5,6	
Kravitz <i>et al.</i> (1997)	Corrida em esteira	M	29,2 ± 7,9	186,3 ± 12	SD
		F	28,9 ± 7,8	185,4 ± 12	
Whaley <i>et al.</i> (1992)	Corrida em esteira	M	41,6 ± 10	180,8 ± 12	SD
		F	41,3 ± 11	178,9 ± 12	

SD = Sem diferença significativa.

NM = Não mencionado no estudo.

Os resultados obtidos no presente estudo estão em conformidade com os trabalhos de Marins *et al.* (2013), Crouter *et al.* (2000), Kravitz *et al.* (1997), Whaley *et al.* (1992), Engels *et al.* (1998), Held et al (1999), Bento *et al.* (2009), Marins *et al.* (2007), Milanez *et al.* (2012), Krinski *et al.* (2012), Bento *et al.* (2009), Martins *et al.* (2007), Weber e Schneider (2001), indicados no quadro 1. Segundo esses autores a ausência de diferenças na FCM entre sexos é causada principalmente por conta da semelhanças na estrutura cardíaca entre homens e mulheres, quando os avaliados possuem uma faixa etária semelhante. Esses resultados são importantes, pois sinalizam claramente que caso seja necessário elaborar uma equação para estimar a FCM para nadadores de alto nível, esta poderá ser única não diferenciando o fator sexo, seguindo a mesma tendência observada nos trabalhos para exercícios de corrida (TANAKA *et al.*, 2001) e ciclismo (RICARD *et al.*, 1990) em que foram estabelecidas equações únicas independentemente do fator sexo.

Dois trabalhos foram realizados para obter a FCM em natação com atletas treinados na modalidade. No primeiro estudo (DINARDI e MARINS, 2003) avaliaram jovens com idade  $13,4 \pm 1,6$  anos, em estilo livre, obtendo uma FCM de  $184,8 \pm 9,11$  bpm para este grupo. Lamentavelmente os autores não realizaram uma análise estatística sobre diferença entre os sexos. Já no estudo de Nogueira *et al.* (2003) com nadadores com idade  $22,8 \pm 1,8$  anos, também em estilo livre, obtiveram resultados de FCM de  $180 \pm 3,2$  bpm. No entanto, todos os avaliados deste estudo eram homens.

Desse modo, é possível inferir que as possíveis diferenças entre os valores de FCM entre os estudos podem ser atribuídas à qualificação da metodologia para a obtenção destes valores, com diferentes metragens no aquecimento e na parte principal (ambos 100 metros) e, possivelmente, à técnica de nado.

Cabe destacar que existem estudos que não concordam com as evidências que apontam não haver diferenças entre a FCM e o fator sexo. Isso se torna evidente quando são propostas equações específicas para estimar a FCM em função do fator sexo propostas por alguns pesquisadores (FERNANDEZ, 1998; HOSSACK e BRUCE, 1982; MILLER *et al.*, 1993; WHALEY *et al.*, 1992), em especial Londeree e Moeschbeger (1982). É possível ainda especular que algum outro fator possa interferir, tomando como exemplo o trabalho de Scolfaro *et al.* (1998), em que o mesmo grupo de sujeitos avaliados apresentaram diferenças na FCM inferior a 3 bpm tanto no exercício de corrida como natação, porém com diferenças próximas a 6 bpm em exercício de ciclismo.

Têm-se bem estabelecido que a FC em exercício no meio aquático sofre redução quando ocorre a imersão, devido a uma série de fatores como a quantidade e qualidade da massa muscular envolvida, reflexo de mergulho (MORAIS *et al.*, 2011; MAGEL *et al.*, 1982; WEST, MCCULLOCH e BROWNE, 2001), temperatura da água (GRAEF *et al.*, 2005; HALL *et al.*, 1998) e alterações hemodinâmicas provocadas pela posição horizontal do corpo (ROELS *et al.*, 2005; GRAEF e KRUEL, 2006). Os valores de FCM encontrados no presente estudo não podem confirmar essa teoria, pois não foi registrada a FCM dos nadadores avaliados em exercício de corrida ou de ciclismo. Cabe destacar que os valores de FCM registrados nos nadadores próximo a 190 bpm não diferem de outros trabalhos realizados em ambiente terrestre. Por outro lado, estes valores mostraram-se superiores aos obtidos em testes de natação apresentados por Scolfaro *et al.* (1998)

com  $177,92 + 9,39$  bpm para homens e  $176,23 + 10,03$  para mulheres que foram avaliados no estilo peito e apenas apresentavam conhecimento das técnicas de natação, porém não eram treinados.

Cada esporte e cada tipo de exercício possui suas particularidades com relação à resposta da FC no aumento progressivo de intensidade. Em um estudo de Milanez *et al.* (2012), feito com atletas de Karatê, foi realizado um teste incremental máximo em esteira para obtenção da FCM e os resultados encontrados, tal como neste estudo, não mostraram diferenças significativas entre os sexos. Outra pesquisa, envolvendo exercício com bicicleta aquática, em que se realizava um teste incremental até a exaustão não foram evidenciadas diferenças significativas nos valores de FCM entre homens e mulheres (MARTINS *et al.*, 2007). Bento *et al.* (2009) observou os valores de FCM obtido na corrida em esteira, e estes se mantiveram próximos entre os sexos. Do mesmo modo, quando observado a FCM atingida na corrida aquática em suspensão, as proximidades dos valores se mantiveram. Outros estudos também encontraram valores próximos FCM entre homens e mulheres, como o de Krinski *et al.* (2012) em que foi realizado teste incremental até a exaustão em esteira, e o de Marins e Fernandez (2007), em uma prova de corrida de 600 metros com esforço máximo.

Em condições de baixa oferta de oxigênio, como ocorre nos exercícios intensos, sabe-se que há formação de ácido láctico, chegando a corrente sanguínea na forma de lactato (CIELO *et al.*, 2007) e suas concentrações indicam o nível de acidose acumulada pelo indivíduo provocadas pelo esforço. Exercícios que proporcionam uma cota superior de  $8 \text{ mmol.l}^{-1}$ , são caracterizados por Duarte *et al.* (2005) como de nível máximo. No presente estudo todos os atletas superaram este limite, o que reforça que o nível de esforço realizado pelos avaliados foi extremamente intenso.

A percepção subjetiva de esforço, através da escala de Borg, é um indicador do grau de esforço feito para a realização de uma atividade. Esse parâmetro ajuda a avaliar a intensidade do exercício com base na percepção subjetiva do indivíduo, em que, quanto maior os valores indicados na escala, maior é o esforço realizado. Neste estudo, todos os relatos foram de valores de 18 ou superior (tabela 5).

Além dos parâmetros adotados, foi observada a frequência de braçadas durante o teste. Essa observação foi feita a cada parcial de 25 metros nadados e, ao final, foi calculado o  $\Delta\text{FB}(25\text{m})$  - diferença entre o maior e o menor número de

braçadas (contadas a cada 25m). Neste estudo, todos os atletas apresentaram um aumento no número de braçadas (tabela 5), podendo indicar tanto o aumento do esforço e da velocidade, no caso do atleta possuir ainda disposição para o “sprint final”, quanto a perda da eficiência, em que o atleta entra em fadiga e perde qualidade na técnica do nado, o que gera, por consequência, maior número de braçadas. Nos dois casos, o atleta visa a máxima performance, doando todo seu esforço para alcançar um menor tempo.

Em termos fisiológicos, a realização sistemática de exercício físico com predominância aeróbica, estimula e desenvolve o sistema cardiovascular gerando adaptações cardíacas, tanto estruturais quanto funcionais (HASHIMOTO, 2011). A hipertrofia cardíaca é uma das adaptações que faz com que o coração possa suportar novas e mais intensas sobrecargas. Essa hipertrofia é dependente do tipo de exercício ou esporte que se pratica, podendo causar adaptações de aumento do volume das câmaras cardíacas e de espessura da parede ventricular (PETKOWICZ, 2004), com melhora do rendimento e condicionamento físico. Sendo assim, apesar das diferenças fisiológicas e físicas existentes entre os homens e mulheres, acredita-se que o sistema cardiovascular responde de forma semelhante quando a FCM em atletas e/ou indivíduos bem treinados em natação.

Uma limitação deste estudo foi a não realização da análise de gases respiratórios, devido à dinâmica do teste o que poderia confirmar a condição máxima do protocolo empregado pelo RQ. No entanto, foram realizadas outras formas de controle, comprovando a elevada intensidade dos mesmos.

Quando analisados os critérios de avaliação alternativos, verificou-se que, em todos os casos estes parâmetros foram atingidos, ou seja, todos os atletas apresentaram PSE igual ou superior a 18 e concentração de lactato igual ou superior a 8 mmol.l-1 ao final da parte principal, além de apresentar um aumento no número de braçadas na etapa de conclusão do mesmo ( $\Delta$ FB positivo) indicando a elevada intensidade aplicada nos referidos testes.

Para novos estudos, sugere-se a realização dos mesmos em outras faixas de idade e em diferentes técnicas de nado, a fim de se verificar possíveis diferenças entre os sexos nestas situações.

## **5. CONCLUSÃO**

Com base nos resultados obtidos nesse estudo pode-se concluir que quando comparados atletas dentro de grupos separados por nível técnico e idade, o fator sexo não influi na resposta da FCM quando aplicados testes máximos de natação.

## 6. REFERÊNCIAS

ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A.E. Heart rate monitoring: applications and limitations. **Sports Medicine**. v.33, p.517-38, 2003.

ALEXANDRE, D.; da SILVA, C.D.; HILL-HAAS, S.; WONG, D.P.; NATALI, A.J.; de LIMA, J.R.; BARA FILHO, M.G.; MARINS, J.C.B; GARCIA, E.S.; KARIM, C. Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 10, p. 2890-906, 2012.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Guidelines for exercise testing and prescription**. 7<sup>a</sup> ed. 2006.

BENTO, P.C.B.; LOPES, M.F.A.; LEITE, N. Resposta da frequência cardíaca em repouso e durante teste incremental máximo, realizado em meio terrestre ou aquático. **Revista da Educação Física**, v.20, n.4, p. 597-605, 2009.

BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.14, n.5, p.377-81, 1982.

CAMARDA S.R.A.; TEBEXRENI A.S.; PÁFARO C.N.; SASAI F.B.; TAMBEIRO V.L.; JULIANO Y.; NETO T.L.B. Comparação da frequência cardíaca máxima medida com as fórmulas de predição propostas por Karvonen e Tanaka. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.91, n.5, 2008.

CAPUTO F.; GRECO F.C.; DENADAI B.S. Efeitos do estado e especificidade do treinamento aeróbio na relação %VO<sub>2</sub>max versus %FCmax durante o ciclismo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.84, n.1, 2005.

CIELO, F.M.B.L.; NETO, J.B.; CURI, R.; PELLEGRINOTTI, I.L.; CIELO, C.A.; PITHON-CURI, T.C. Avaliação da glicemia, lactato plasmático e frequência cardíaca em nadadoras de 13 a 16 anos de idade após esforços máximos de 100 e 200 metros nado crawl. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v.15, n.1, p.37-44, 2007.

COELHO, D.B.; COELHO, L.G.; MORTIMER, L.A.F.; HUDSON A.S.R.; MARINS J.C.B; SOARES, D.D.; GARCIA, E.S. Energy demand and heart rate evaluation at different phases during a match along an official soccer competition. **Revista Brasileira de cineantropometria e desempenho humano**, Florianópolis, v. 14, n. 4, 2012 .

CROUTER, S.; FOSTER, C.; ESTEN, P.; BRICE, G.; PORCARI, J.P. Comparison of incremental treadmill exercise and free range running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 4, p. 644-7, 2001.

DEMINICE R.; SANTANA T.C.; CARVALHO D.G.; RIBEIRO G.M.; VANNUCCHI P.G.; TEIXEIRA M.; JORDAO A.A. Oxidative stress biomarkers response to high



intensity interval training and relation to performance in competitive swimmers. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.50, n.3, p.356-62, 2010.

DINARDI, L.R.; MARINS, J.C.B. Identificação da distancia ideal de provas de natação para determinar a frequência cardíaca máxima (FCM). **Revista Mineira de Educação Física**, v.11, n.1, p.79-215, 2003.

DRILLER M.W.; FELL J.W.; GREGORY J.R.; SHING C.M.; WILLIAMS A.D. The effects of high-intensity interval training in well-trained rowers. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.4, n.1, p.110-21, 2009.

DUARTE, R.F.; FIÚZA, T.M.; PEREIRA, F.A.; SILVA, E.J. Determinação indirecta do máximo  $VO_2$  com base no teste de Cooper em jogadores de Futebol. **Motricidade**, v.1, n.4, p.239-245, 2005.

ENGELS, H. J.; ZHU, W.; MOFFATT, R. J. An empirical evaluation of the prediction of maximal heart-rate. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 69, n. 1, p. 94-98, 1998.

FERNANDES R.J.; CARDOSO C.S.; SOARES S.M.; ASCENSÃO A.; COLAÇO P.J.; VILAS-BOAS J.P. Time limit and  $VO_2$  slow component at intensities corresponding to  $VO_{2max}$  in swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v.24, n.8, p.576-81, 2003.

FERNANDEZ, E. **Fisiología del aparato cardiovascular: respuestas y adaptaciones al ejercicio**. En: Marqueta P, Ferrero A, editores. **Fisiología del ejercicio aplicado al deporte**. Aragón: Diputación General de Aragón; 1998.

FINA, Swimming Rules. Em <[http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com\\_content&view=category&id=82:swimming-rules&Itemid=184&layout=default](http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com_content&view=category&id=82:swimming-rules&Itemid=184&layout=default)>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2013.

FREITAS, G.M.; XAVIER, W.D.R.; SILVA, A.J.D.; MARINS, J.C.B. Comparação da frequência cardíaca máxima (FCM) calculada por 21 equações e FCM obtida em exercício de corrida em homens e mulheres. **Revista Mineira de Educação Física**, v.11, n.1, p.79-215, 2003.

GRAEF F.I.; KRUEL, L.F.M. Frequência cardíaca e percepção subjetiva do esforço no meio aquático: diferenças em relação ao meio terrestre e aplicações na prescrição do exercício – uma revisão. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.12, n.4, 2006.

GRAEF, F.; TARTARUGA, L.; ALBERTON, C.; KRUEL, L. Frequência cardíaca em homens imersos em diferentes temperaturas de água. **Revista Portuguesa de Ciência do Desporto**, v.3, n.1, p.266-73, 2005.

HALL, J.; MACDONALD, I. A.; MADDISON, P. J.; O'HARE, J. P. Cardiorespiratory responses to underwater treadmill walking in healthy females. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 77, n.3, p.278-84, 1998.

HASHIMOTO, N.Y.; FERNANDES, T.; SOCI, U.P.R.; OLIVEIRA, E.M. Determinantes moleculares da hipertrofia cardíaca induzida por diferentes volumes de treinamento aeróbico. **Revista Brasileira de Cardiologia**, v.24, n.3, p.153-162, 2011.

HELD, T.; MARTI, B. Substantial influence of level of endurance capacity on the association of perceived exertion with blood lactate accumulation. **International Journal of Sports Medicine**, v. 20, n. 1, p. 34-9, 1999.

HOSSACK, K. F.; BRUCE, R. A. Maximal cardiac function in sedentary normal men and women: comparison of age-related changes. **Journal of Applied Physiology**, v. 53, n. 4, p. 799-804, 1982.

ISLAM, M. Z. **Influence of gender on heart rate and core temperature at critical wbgmt for five clothing ensembles at three levels of metabolic rate**. 2005. Department of Environmental and Occupational Health, University of South Florida.

JACKSON A.S.; POLLOCK M.L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, v.40, p.497-504, 1978.

KARNOVEN, M.; KENTALA, E.; MUSTALA, O. The effects of training on heart rate: a longitudinal study. **Annales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae**, v.35, n.3, p.307-315, 1957.

KRINSKI, K.; ELSANGEDY, H.M.; NUNES, R.F.H.; ALMEIDA, F.A.M.; SANTOS, B.V.; KRAUSE, M.P.; TOMISSI, L.S.; DASILVA, S.G. Comparação da percepção subjetiva do esforço no limiar ventilatório entre os gêneros. **Revista da Educação Física**, v.23, n.1, p.79-85, 2012.

LAURSEN P.B. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.20, n.2, p.1-10, 2010.

LONDEREE, B. R.; MOESCHBERGER, M. L. Effects of age and other factors on maximal heart rate. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 53, n. 4, p. 297-304, 1982.

MAGEL, J.R.; MCARDLE, W. D.; WEISS, N. L.; STONE, S.; NEWMAN, A. Heart rate response to apnea and face immersion. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.22, n.2, p.135-46, 1982.

MARFELL-JONES, M., OLDS, T., STEWART, A., & CARTER, L. International standards for anthropometric assessment. **The International Society for the Advancement of Kinanthropometry**, 2006.

MARINS, J.C.B.; FERNANDEZ, M.D. Comparação da frequência cardíaca máxima por meio de provas com perfil aeróbico e anaeróbico. **Fitness & Performance Journal**, v.3, n.3, p.166-174, 2004.

MARINS, J.C.B.; FERNANDEZ, M.D. Empleo de ecuaciones para predecir la frecuencia cardíaca máxima en carrera para jóvenes desportistas. **Archivos de Medicina del Deporte**, v.24, n.118, p.112-120, 2007.

MARINS, J. C. B.; FERNÁNDEZ, M. D.; PEINADO, P. J. B. Precisión de las ecuaciones para estimar la frecuencia cardíaca máxima en cicloergómetro. **Archivos de medicina del deporte**, v. 30, n. 1, p. 14-20, 2013.

MARTINS, J.N.; FILHO, M.G.B.; COSTA, V.P.; LIMA, J.R.P. de. Teste de Conconi adaptado para bicicleta aquática. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.13, n.5, 2007.

McARDLE, W.D.; KATCH, F.I. e KATCH, V.L. **Fundamentos de Fisiologia Exercício**. 2.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan; 2003.

MILANEZ, V.F.; DANTAS J.L.; CHISTOFARO, D. G. D.; FERNANDES, R. A. Resposta da frequência cardíaca durante sessão de treinamento de karatê. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.18, n.1, 2012.

MILLER, W. C.; WALLACE, J. P.; EGGERT, K. E. Predicting max HR and the HR-VO<sub>2</sub> relationship for exercise prescription in obesity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 25, n. 9, p. 1077-81, 1993.

MORAIS, J. E.; COSTA, M. J.; MEJIAS, E. J.; MARINHO da SILVA, A. J.; BARBOSA, T. M. Morphometric study for estimation and validation of trunk transverse surface area to assess human drag force on water. **Journal of Human Kinetics**, v.28, p.5-13, 2011.

NEVES, V.F.C.; PERPÉTUO, N.M.; SAKABE, D.I.; CATAI, A.M.; GALLO Jr, L.; SILVA DE SÁ, M.F.; MARTINS, L.E.B.; SILVA, E. Análise dos índices espectrais da variabilidade da frequência cardíaca em homens de meia idade e mulheres na pós-menopausa. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.10, n.4, p.401-406, 2006.

NOGUEIRA, S.L.; XAVIER, W.D.R.; FIGUEIREDO, P.; MARINS, J.C.B. Comparação da frequência cardíaca máxima (FCM) calculada por 21 equações e FCM obtida em natação estilo livre. **Revista Mineira de Educação Física**, v.11, n.1, p.79-215, 2003.

PETKOWICZ, R.O. Coração de atleta e morte súbita. **Revista da Sociedade de Cardiologia de Rio Grande do Sul**, n.1, 2004.

RICARD, R.M.; LEGER, L.; MASSICOTE, D. Validity of the "220-age formula" to predict maximal heart rate. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 1990, 22, Suppl S96 (Abstract 575)

ROELS, B.; SCHMITT, L.; LIBICZ, S.; BENTLEY, D.; RICHALET, J. P.; MILLET, G. Specificity of VO<sub>2</sub>MAX and the ventilatory threshold in free swimming and cycle ergometry: comparison between triathletes and swimmers. **British Journal of Sports Medicine**, v.39, n.12, p.965-8, 2005.

SCOLFARO, L.B.; MARINS, J.C.B.; REGAZZI, A.J. Estudo comparativo da Frequência Cardíaca Máxima em três modalidades cíclicas. **Revista da APEF**, v.13, n.1, p.44-54, 1998.

SEIFERT, L.; KOMAR J.; LEPRÊTRE, P.M.; LEMAITRE, F.; CHAVALLARD, F.; ALBERTY, M.; HOUEL, N.; HAUSSWIRTH, C.; CHOLLET, D.; HELLARD, P. Swim specialty affects energy cost and motor organization. **International Journal of Sports Medicine**, v.31, n.9, p.624-30, 2010.

SILVA, R.G.; MOREIRA, D.G.; SILVA, T.R.; BERNARDINA, G.R.D.; SOARES, F.A.; MARINS, J.C.B. Estímulo motivacionais alteram a resposta da Frequência Cardíaca Máxima em nadadores?. In: Simpósio de Integração Acadêmica da Universidade Federal de Viçosa - 2010, 2010, Viçosa. Anais do SIA UFV, 2010.

SILVA, R.G.; NOGUEIRA, S.L.; MOREIRA, D.G.; BERNARDINA, G.R.D.; SILVA, B.P.P.; MARINS, J.C.B. Comportamento da frequência cardíaca máxima em nadadores universitários. In: 33º Simpósio Internacional de ciências do Esporte, 2010, São Paulo. Boas Práticas na Atividade Física e no Esporte, 2010.

SPERLICH, B.; ZINNER, C.; HEILEMANN, I.; KJENDLIE, P.L.; HOLMBERG, H.C.; MESTER, J. High-intensity interval training improves  $VO_2(\text{peak})$ , maximal lactate accumulation, time trial and competition performance in 9-11-year-old swimmers. **European Journal of Applied Physiology**, v.4, 2010.

TANAKA, H.; MONAHAN, K. D.; SEALS, D. R. Age-predicted maximal heart rate revisited. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 37, n. 1, p. 153-6, 2001.

TIGGEMANN, C.L.; PINTO, R.S.; KRUEL, L.F.M. A Percepção de Esforço no Treinamento de Força. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.16, n.4, 2010.

TOSCANO, J.J.; OLIVEIRA, A.C.C. Determinação do nível de intensidade de esforço da quadrilha junina. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v.12, n.3, p.53-56, 2004.

WEST, N.H.; MCCULLOCH, P.F.; BROWNE, P.M. Facial immersion bradycardia in teenagers and adults accustomed to swimming. **Autonomic Neuroscience**, v.94, n.1-2, p.109-16, 2001.

WHALEY, M.H.; KAMINSKY, L.A.; DWYER, G.B.; GETCHELL, L.H.; NORTON, J.A. Predictors of over- and underachievement of age-predicted maximal heart rate. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 24, n. 10, p. 1173-9, 1992.

WHYTE, G.P.; GEORGE, K.; SHAVE, R.; MIDDLETON, N.; NEVILL, A.M. Training induced changes in maximum heart rate. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 2, p. 129-33, 2008.

WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 2ª ed. São Paulo: Manole; 2005.

ZAVORSKY, G.S. Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. **Sports Medicine**, v.29, n.1, p.13-26, 2000.

## **CAPÍTULO 2: VALIDAÇÃO DE UM TESTE PARA OBTENÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA EM NATAÇÃO**

### **RESUMO**

**Introdução:** Monitorar a carga de trabalho através de testes físico é imprescindível. A intensidade é um importante elemento para que o atleta se qualifique e aprimore progressivamente sua capacidade de rendimento. A FC é amplamente utilizada para esse controle. Como ocorre com outros parâmetros fisiológicos, como por exemplo, o limiar de lactato e o VO<sub>2</sub>max, é necessário estabelecer protocolos estandardizados para obter a resposta da frequência cardíaca máxima (FCM) em atletas de natação, já que para corrida e ciclismo já estão descritos. **Objetivo:** Validar um teste máximo para a obtenção da FCM específica para atletas de natação. **Metodologia:** O grupo amostral deste estudo foi composto por 15 atletas de nível universitário (11 homens e 4 mulheres), com idade de  $21,27 \pm 2,49$  anos, massa corporal de  $71,52 \pm 11,01$  kg, estatura de  $1,74 \pm 0,08$  metros e percentual de gordura de  $18,14 \pm 6,06$ . Todos os atletas nadaram as distâncias de 100 e 200 metros em velocidade máxima buscando atingir a FCM. Parâmetros como PSE, concentração de lactato, velocidade de nado e frequência de braçadas foram utilizados como critérios para comprovar a validade dos testes. Houve também a realização de retestes para a comprovação da fidedignidade e objetividade dos mesmos. Para estes últimos foi realizada a correlação de Spearman com nível de significância de 1%. **Resultados:** A FCM obtida no teste e reteste na distância de 100 metros foram de  $187,67 \pm 7,23$  bpm e  $188,33 \pm 8,33$  bpm; enquanto que na distância de 200 metros foram de  $187,67 \pm 7,54$  bpm e  $189,53 \pm 8,07$  bpm, respectivamente. Os testes foram validados tendo em vista a PSE ( $19,28 \pm 0,49$ ) e concentração de lactato ( $11,09 \pm 2,12$  mmol.l<sup>-1</sup>) obtidos ao final, além de que, todos tiveram a velocidade de nado nos testes e retestes superiores a 85% do seu melhor tempo; e também, um aumento da frequência de braçadas nos últimos 25 metros de teste. Da mesma forma, os testes, nas duas distâncias propostas, apresentaram elevada fidedignidade e validade, apresentando valor de  $\rho$  de 0,91 para o teste/resteste de 100 metros e 0,95 para o de 200 metros. **Conclusão:** Tanto o teste de 100 quanto o teste de 200 metros, realizados em máxima intensidade e precedido de um

aquecimento de 400 metros em intensidade moderada em natação são capazes de gerar, com precisão, a FCM de atletas de nível universitário.

**Palavras chave:** Avaliação Física, Frequência Cardíaca, Natação.

## ABSTRACT

Introduction: Monitoring the workload through physical testing is essential. Intensity is an important element for the athlete to qualify and progressively enhance their earning capacity. The HR is widely used for this control. As with other physiological parameters, such as the lactate threshold, and VO<sub>2</sub>max, it is necessary to establish standardized protocols to obtain the response of maximum heart rate (MHR) to swimmers, because for running and cycling are already described. Objective: To validate a maximum test to obtain the MHR specific for swimmers. Methodology: The study sample group was composed of 15 college athletes (11 men and 4 women), aged  $21.27 \pm 2.49$  years, weight  $71.52 \pm 11.01$  kg, height of  $1,74 \pm 0.08$  meters and fat percentage of  $18.14 \pm 6.06$ . All athletes swam distances of 100 and 200 meters at full speed trying to achieve MHR. Parameters such as RPE, lactate concentration, swimming speed and stroke frequency were used as criteria to prove the validity of the tests. There was also the realization of retests for proving the reliability and objectivity of them. For the latter was performed Spearman correlation with a significance level of 1%. As a result of this methodology, the MHR obtained in the test and retest for distance of 100 meters were  $187.67 \pm 7.23$  and  $188.33 \pm 8.33$  bpm, while for distance of 200 meters were  $187.67 \pm 7.54$  bpm and  $189.53 \pm 8.07$  bpm, respectively. The tests were validated in view of the RPE ( $19.28 \pm 0.49$ ) and lactate concentration ( $11.09 \pm 2.12$  mmol.l<sup>-1</sup>) obtained at the end, and that all had the swimming speed in testing and retesting than 85% of its fastest time, and also an increased frequency of strokes over the last 25 meters test. Likewise, the tests at the two distances proposals have high reliability and validity, with p value of 0.91 for the test / retest of 100 meters and 0.95 for 200 meters. Conclusion: Both the 100 and 200 meters tests, performed at maximum intensity and preceded by a 400-meter warm up at moderate intensity in swimming are able to generate, accurately, the MHR of college level athletes.

**Keywords:** Physical Assessment, Heart Rate, Swimming.



## 1. INTRODUÇÃO

Na busca constante da evolução física de um atleta, o treinamento desportivo de alto rendimento tem exigido cada vez mais o controle de variáveis que são intervenientes ao processo. Monitorar a carga de trabalho através de testes físicos se torna imprescindível. A intensidade é um importante elemento para que o atleta se qualifique e aprimore progressivamente sua capacidade de rendimento (CIELO *et al.*, 2007; MARINS *et al.*, 2010). Neste sentido, é visto que frequência cardíaca (FC) é comumente utilizada em testes clínicos (ARAÚJO e PINTO, 2005) e para prescrever a intensidade do exercício em programas de treinamento (ZAVORSKY, 2000) e reabilitação (NES *et al.*, 2012).

Está comprovada a relação direta entre a FC e o consumo de oxigênio, ou seja, esta progressão conjunta é válida desde níveis de intensidade baixos até esforços máximos (LONDEREE e AMES, 1976; GRAETTINGER *et al.*, 1995; ACHTEN e JEUKENDRUP, 2003). Além disso, sabe-se que uma análise criteriosa do comportamento da frequência cardíaca máxima (FCM) de atletas em determinados momentos da periodização pode indicar o overtraining, tornando-se assim uma forma importantíssima de controle de carga, além de minimizar a incidência de possíveis lesões geradas por este excesso de treinos (ZAVORSKY, 2000).

A FCM pode ser obtida através de testes máximos ou estimada por equações (MARINS e FERNANDEZ, 2004). No entanto, esta poderia ser alterada por vários fatores que não são facilmente controladas, como o nível de aptidão (LONDEREE e MOESCHBERGER, 1982; ZAVORSKY, 2000), motivação (GREENLEES *et al.*, 1999) ou, até mesmo, o estresse psicofisiológico (BOUDET *et al.*, 2002). Para uma maior precisão na prescrição de um exercício é necessário obter a FCM, já que o emprego de equações não validadas para determinado grupo podem produzir erros de estimativa (GELLISH *et al.*, 2007; WHYTE *et al.*, 2008; NES *et al.*, 2012).

Como ocorre com outros parâmetros fisiológicos, como por exemplo, o limiar de lactato e o VO<sub>2</sub>max, é necessário estabelecer protocolos standardizados e normatizados para obter a resposta da FCM em atletas de natação, já que para corrida (BRUCE *et al.*, 1973) e ciclismo (MYLES e TOFT, 1982) já estão descritos.

Cuidados em relação às diferenças metodológicas nos procedimentos como classificação de um esforço como submáximos, familiaridade com o teste e presença

de “outliers” também podem interferir nos resultados (ZAVORSKY, 2000). Além disso, o exercício de natação apresenta características específicas que podem afetar a FCM por meio de fatores relacionados à imersão, como o efeito hidrostático sobre o sistema cardiorrespiratório e a capacidade de intensificar a perda de calor quanto comparado com o ambiente terrestre (AVELLINI *et al.*, 1983).

Com o intuito de obter a FCM em atletas de natação, muitos treinadores têm utilizado testes longos e com metodologias questionáveis a este objetivo, realizados de forma progressiva com o objetivo principal de identificação do limiar anaeróbico (RIBEIRO *et al.*, 2004). O desenvolvimento de um protocolo específico de natação para detectar a FCM poderá reduzir consideravelmente o número de erros de prescrição gerados pela obtenção incorreta deste valor. Sendo assim, tem como objetivo deste trabalho validar um teste máximo para a obtenção da FCM específica para atletas de natação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido a partir de uma amostra de conveniência. O grupo amostral deste estudo foi composto por 15 atletas de nível universitário (11 homens e 4 mulheres), com idade de  $21,27 \pm 2,49$  anos, massa corporal de  $71,52 \pm 11,01$  kg, estatura de  $1,74 \pm 0,08$  metros e percentual de gordura de  $18,14 \pm 6,06$  %. O grupo de integrantes do estudo foi selecionado numa população de atletas de ambos os sexos, que treinavam regularmente durante os últimos doze meses e com frequência semanal de, no mínimo, quatro vezes. Todos os atletas se encontravam na fase de transição dentro da periodização do treinamento, ou seja, estavam recém-saídos da fase competitiva, no auge de sua preparação.

Aos participantes do estudo, foi explicado detalhadamente todo o processo ao qual seriam submetidos, e esclarecidos que não haveria, em hipótese alguma, qualquer tipo de recompensa financeira ou material pela participação no estudo.

Um termo de consentimento (Anexo 1) foi assinado antes de serem submetidos a qualquer tipo de esforço, deixando claro que a sua participação seria por livre espontaneidade e que todos estariam cientes dos procedimentos e das possíveis sensações características do teste. Além disso, foram informados de que poderiam abandonar o estudo quando desejassem.

Para assegurar a integridade dos participantes do estudo, todos os atletas haviam passado por exames clínicos nos últimos 3 meses em que comprovavam sua capacidade para realizar qualquer tipo de exercício físico com a segurança necessária, não havendo registros de sujeitos com problemas cardíacos, ou metabólicos do tipo diabetes. Todos os procedimentos realizados foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em pesquisas com seres humanos da Universidade Federal de Viçosa (Of. Ref. N° 180/2011), estando de acordo com as leis brasileiras para pesquisas com seres humanos.

As medidas antropométricas (massa corporal, estatura e percentual de gordura) foram coletadas para a caracterização da amostra antes da realização dos testes, sendo estas feitas por um mesmo avaliador, integrante do grupo de avaliadores do Laboratório de Performance Humana (LAPEH) da UFV. Os registros antropométricos tomaram como referência as indicações propostas por Marfell-Jones *et al.* (2006) sendo realizadas sempre no período da manhã. Para o cálculo do percentual de gordura, foi utilizando a equação de estimativa por sete dobras

cutâneas de Jackson e Pollock (1978). Foi utilizado o software Avaesporte<sup>®</sup> para calcular os dados de percentual de gordura.

Para o registro da frequência cardíaca ao longo do experimento foi utilizado o monitor cardíaco (TEAM2PRO<sup>®</sup>, Polar<sup>®</sup>, Finlândia). Para que a banda do monitor cardíaco não se deslocasse da sua posição inicial (abaixo do processo xifóide), todos os nadadores (inclusive os homens) utilizaram um “top” colocado para manter a fita transmissora no local de melhor contato para a coleta dos batimentos pela banda (figura 1), de forma a não haver perda no sinal de registro da FC.



**Figura 1: Exemplo de fixação do monitor cardíaco nos nadadores**

O protocolo aplicado correspondeu a duas fases, uma de aquecimento e outra considerada como principal. Na fase preparatória, padronizada entre todos os testes, o atleta nadou 400 metros no estilo crawl (saindo de dentro da piscina) em uma intensidade que varia de leve a moderada (80 a 140 bpm). O tempo de aquecimento foi variável, porém nunca inferior a 4 minutos e nem superior a 8 minutos, conforme realizado em outros trabalhos de corrida (SCOLFARO *et al.*, 1998; MARINS e FERNANDEZ, 2007) para avaliar a FCM.

A parte principal consistiu em nadar, em dias diferentes, 100 ou 200 metros no menor tempo, logo após o aquecimento, sem intervalo de descanso. Para atender os objetivos deste trabalho, todos os atletas realizaram as duas variações de teste em dois momentos (teste – reteste), ou seja, aqueles que foram submetidos ao teste de 100m em um determinado dia, repetiram o mesmo (reteste) no dia seguinte. No terceiro dia, realizou-se o teste de 200m, repetindo-o do quarto dia.

Visto que estes atletas estão habituados a nadarem provas máximas por 3 a 4 dias seguidos em competições e pelos resultados apresentados em teste piloto, o intervalo proposto se mostrou suficiente para a realização de um novo teste estando o atleta avaliado em plena integridade física.

A fim de diminuir interferências externas, os atletas foram divididos, aleatoriamente em dois grupos. Os atletas do primeiro grupo realizavam o teste e resteste de 100m nos dois primeiros dias e o teste de 200m nos dois seguintes, em contrapartida, o segundo grupo realizava os testes de 200m nos primeiros dias e os de 100m nos seguintes.

O teste foi considerado máximo quando o atleta atingiu dois requisitos dentre os três citados abaixo:

- a) completar o protocolo entre 85% e 100% de seu melhor desempenho registrado;
- b) obter valores de concentração de lactato pós-teste superiores a 8mmol/l-1 (ACSM, 2006); c) relatar valores de PSE (escala de Borg 6 a 20) superior a 18 (ACSM, 2006).

Durante a realização de parte principal dos testes foi registrada a contagem das braçadas do nado a cada 25 metros. A diferença entre o maior e o menor número de braçadas foi chamada de  $\Delta$ FB. Essa contagem foi observada para relação com o esforço do atleta.

Após a chegada ao final do teste, os atletas indicavam sua percepção subjetiva de esforço (PSE) em uma tabela com valores que variavam de 6 (sem esforço algum) a 20 (máxima intensidade) (BORG, 1982).

Depois de indicarem sua PSE, foi registrada a concentração de lactato sanguíneo. As amostras foram obtidas por punção na polpa digital a cada minuto, até que um valor inferior ao anterior fosse registrado, adotando assim, este valor mais elevado. Este processo foi realizado por meio do uso de lancetas (Accu-check Softclix<sup>®</sup>, Roche<sup>®</sup>, Brasil) e a coleta do sangue nas fitas apropriadas foram analisadas por um aparelho destinado a esse fim (Accutrend<sup>®</sup>, Roche<sup>®</sup>, Brasil). Todo o material descartável era destinado de forma correta em recipientes apropriados e destinados como lixo hospitalar, respeitando assim as normas de segurança biológica e respeito ao meio ambiente.

Todos os testes foram aplicados no período da manhã, tendo início a partir das 8:00 horas e finalizando às 12:00 horas. Os testes foram realizados em uma piscina oficial para competições, com as raias dispostas em 25 metros. A temperatura da água variou entre 25 e 28°C, estando dentro das normas recomendadas pela FINA (2013). Além disso, no dia anterior à realização dos mesmos, os treinos foram suspensos, afim de não haver possíveis interferências nos resultados.

Para mensuração da massa corporal foi utilizada uma balança digital (w 200A, Welmy<sup>®</sup>, Santa Bárbara d'Oeste, Brasil) com precisão em 100 gramas. Para a medição da estatura, um estadiômetro (ES2030, Sanny<sup>®</sup>, São Bernardo do Campo, Brasil) com precisão em milímetros, e para a mensuração das dobras cutâneas, um plicômetro (Científico, Cescor<sup>®</sup>, Porto Alegre, Brasil) com precisão em 0,1 milímetros. No registro do tempo de duração dos testes foi utilizado um cronômetro (z-100, TYR<sup>®</sup>, USA) com precisão em 0,01 segundos

Foi utilizado para o registro da frequência cardíaca o monitor cardíaco (TEAM2PRO<sup>®</sup>, Polar<sup>®</sup>, Finlândia), programado para registrar a FC com intervalo a cada segundo. Os dados foram transmitidos para um computador pessoal (Presario CQ40-713BR<sup>®</sup>, COMPAQ HP, Brasil) e posteriormente organizados pelo programa POLAR TEAM2<sup>®</sup>.

O teste estatístico compreendeu o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, que apontou normalidade da distribuição dos valores obtidos. Em função disso foi utilizado o teste T pareado a fim de verificar existência ou não de diferença significativa entre a FCM obtida no teste de 100 metros frente a registrada no teste de 200 metros.

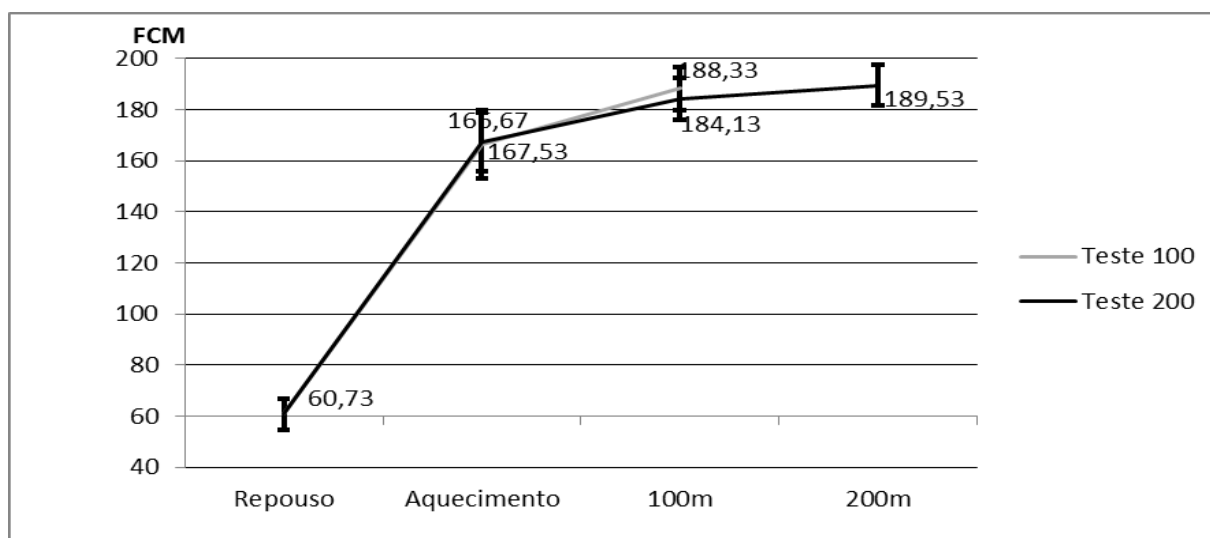
Para que um teste possa obter uma qualidade desejável, deve-se observar sua validade, fidedignidade (confiabilidade) e objetividade (CORAZZA *et al.*, 2006) . A validade do teste proposto foi classificada de acordo com os resultados apresentados pela análise de outros parâmetros como a PSE ( $\geq 18$ ), a concentração de lactato ( $\geq 8$  mmol.l-1) e o  $\Delta$ FB(25m) positivo obtidos ao final de cada teste.

A fim de julgar a qualidade dos testes pela fidedignidade (consistência dos valores) foi feita a Correlação de Spearman com os resultados de FCM obtidos no teste e no reteste, tanto para o teste de 100 metros quanto para o teste de 200 metros, devido ao baixo valor de n e por se tratar de valores oriundos de um mesmo atleta em dias diferentes (BARROS e REIS, 2003). Na mesma análise, o teste foi classificado quanto a sua objetividade (manutenção dos valores quando aplicado por outro avaliador) já que o reteste foi realizado por um avaliador diferente daquele que realizou a primeira bateria de testes.

Para o teste T foi adotado um nível de significância de 5% e Para a correlação de Spearman adotou-se um nível de 1%. Neste momento, foi utilizado o pacote estatístico Sigmaplot 11.0.

### 3. RESULTADOS

A figura 2 apresenta o comportamento da FC ao longo do repouso, fase de aquecimento e parte principal dos testes de 100 e 200 metros. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre os valores de FCM obtidos nos testes de 100 e de 200 metros ( $p>0,05$ ).



**Figura 2. Média das frequências cardíacas obtidas em cada fase dos testes máximos aplicados.**

Na tabela 1 são apresentados os valores de PSE, concentração de lactato, percentual do melhor tempo e  $\Delta$ FB obtidos ao final de cada teste:

**Tabela1. Valores médios de PSE, concentração de lactato, percentual do melhor tempo e delta frequência de braçadas, obtidos ao final de cada bateria de testes (média  $\pm$  desvio padrão).**

	PSE	[lac]	%MT	$\Delta$ FB(25m)
Teste de 100m	19,33 $\pm$ 0,49	11,20 $\pm$ 2,18	87,48 $\pm$ 1,47	3,47 $\pm$ 1,33
Reteste de 100m	19,27 $\pm$ 0,46	11,42 $\pm$ 2,42	89,28 $\pm$ 1,94	3,4 $\pm$ 0,99
Teste de 200m	19,2 $\pm$ 0,41	11,22 $\pm$ 1,64	88,51 $\pm$ 2,96	3,93 $\pm$ 1,44
Reteste de 200m	19,33 $\pm$ 0,62	10,54 $\pm$ 2,3	91,11 $\pm$ 2,67	4,27 $\pm$ 1,33

PSE - percepção subjetiva de esforço (escala de borg 6-20)

[lac] - concentração de lactato (mmol/L)

%MT - percentual do melhor tempo

$\Delta$ FB(25m) - delta frequência de braçadas (diferença entre o maior e o menor valor de braçadas a cada 25 metros)

Todos os atletas nadaram dentro da zona de trabalho estipulada (acima de 85% do melhor tempo), apresentaram valores de PSE superior a 18 e concentração de lactato superior a 8mmol/l. Além disso, os valores de  $\Delta$ FB, em todos os casos, apresentaram-se positivos, sinalizando um aumento da frequência de braçadas nos últimos 25 metros de teste.

Para avaliar a fidedignidade do teste, os resultados obtidos na primeira realização do teste devem correlacionar-se com os obtidos no reteste. Na tabela 2 são apresentados os valores de FC de pico médios obtidos em cada teste, o valor de “ $\rho$ ” obtidos quando comparados os valores de teste *versus* retestes em cada distância. Nos mesmos moldes, foi avaliada a objetividade do teste, sendo que no reteste, o avaliador foi diferente daquele que aplicou o primeiro teste. Desse modo, os resultados estão apresentados na tabela 2 e representados na figura 3.

**Tabela 2. Valores médios de FC de pico (bpm) obtidos em cada teste (média  $\pm$  desvio padrão) e o valor de  $\rho$  a partir da correlação de Spearman.**

	Teste	Reteste	$\rho$ (Correlação de Spearman)
Teste 100	187,67 $\pm$ 7,23	188,33 $\pm$ 8,33	0,91*
Teste 200	187,67 $\pm$ 7,54	189,53 $\pm$ 8,07	0,95*

\* Correlação significante a 1%



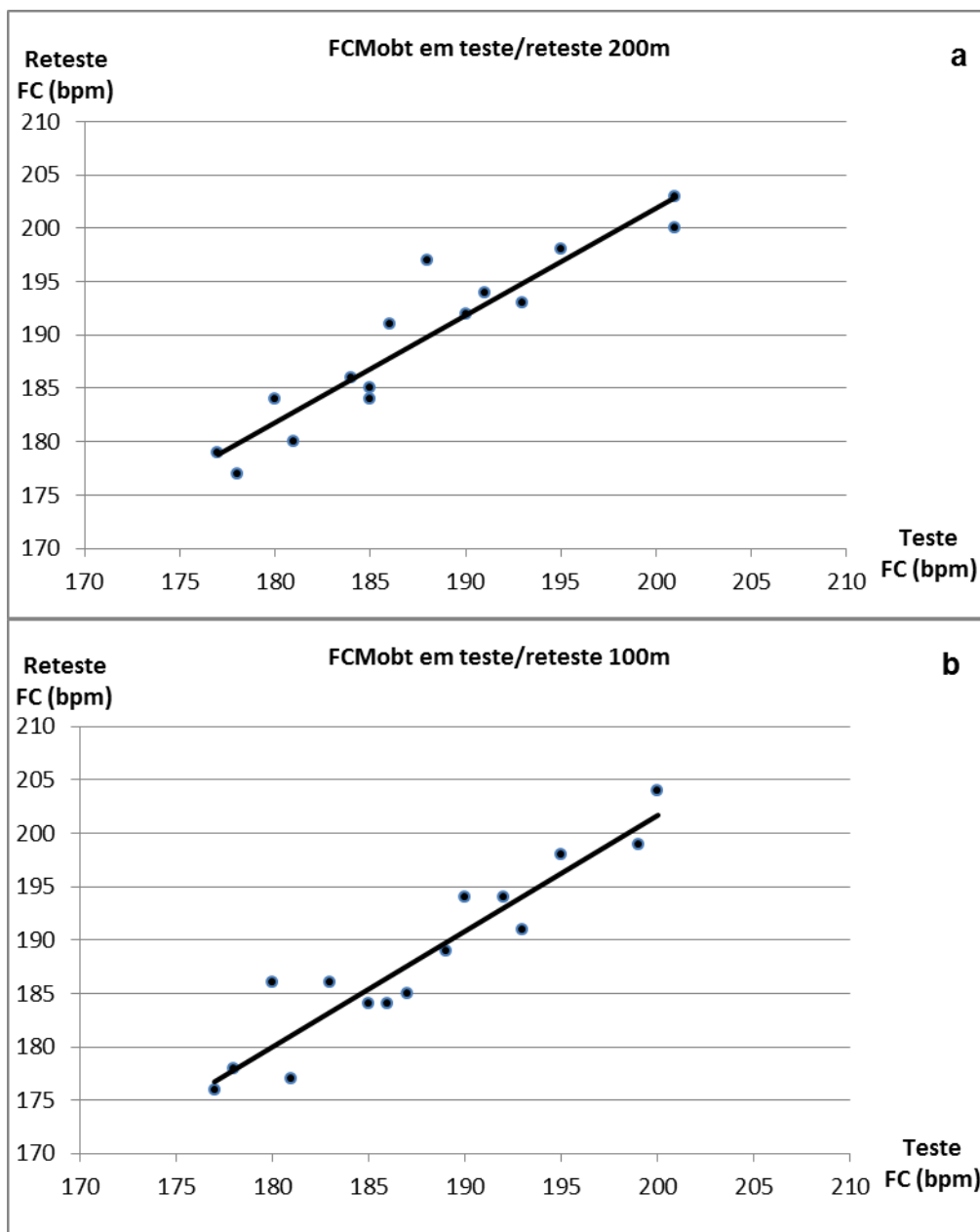


Figura 3. Representação gráfica da relação da FCM obtidas em teste e reteste para as distâncias de 100 (a) e 200 metros (b).

#### 4. DISCUSSÃO

Não foram encontradas diferenças estatísticas quando comparados valores de FC de pico entre as duas distâncias propostas. Isso implica que, para este público, ambas as distâncias são úteis para obter a FCM. Em uma análise mais criteriosa, foi possível observar que alguns atletas atingiram seu valor mais elevado de FC em distâncias diferentes, destacando a especificidade de provas, ou seja, nadadores habituados a nadarem provas mais rápidas como provas de 50 e 100 metros conseguiram atingir a FC de pico com um tempo relativamente menor em relação aos habituados a nadar provas com metragem igual ou superior a 200 metros. Como não houve diferença, tanto nos valores de FC quanto nos valores de PSE e concentração de lactato, é recomendado o teste de 100 metros, por sua praticidade.

Como visto nos resultados, os testes propostos atendem às qualificações estatísticas de validade, fidedignidade e objetividade desejáveis.

Na perspectiva de validar os testes propostos, é sabido que no primeiro aspecto, a validade, o teste deve medir o que foi proposto, neste caso a FCM dos atletas em questão. Como foi inviável a utilização do analisador de gases para este tipo de teste, foram adotados métodos alternativos para classificação do teste e da FC final como máximos.

Como visto anteriormente nos resultados, todos os valores de PSE foram iguais ou superiores a 18 (ACSM, 2006), além disso, os valores de concentração de lactato sanguíneo foi superior a 8 mmol/L (ACSM, 2006) em todas as amostras a FC de pico obtida foi atingida em grande parte dos testes antes do último segundo de teste (presença de platô de FC ao fim do teste).

Outro método de controle adotado durante o estudo foi a análise da frequência de braçadas ao final do teste. Todos os atletas apresentaram um aumento no número de braçadas nos últimos 25 metros em relação à frequência adotada durante o teste em ambas distâncias, tanto no teste quanto no reteste. Esta observação pode indicar a perda da eficiência, em que o atleta entra em fadiga e tem, por consequência, redução na qualidade na técnica do nado, o que gera o aumento no número de braçadas. Nestes casos, o atleta visa o melhor desempenho, aumentando o esforço para alcançar um menor tempo, qualificando o processo de obtenção da FC de pico.

Dessa forma, foi possível considerar que os testes apresentaram uma validade elevada, visto que os critérios adotados se mostraram positivos às expectativas.

Quando analisada a fidedignidade dos testes, é esperado um valor elevado de correlação dos resultados apresentados na primeira realização do teste comparado à sua subsequente execução (teste-reteste). De acordo com os resultados, pode-se observar um valor muito elevado para as duas propostas de testes ( $\rho = 0,91$  e  $0,95$ , respectivamente), qualificando assim os testes propostos, que apontam uma forte correlação (DANCEY e REIDY, 2006). Para realizar a análise da objetividade do teste, o reteste foi aplicado por um avaliador diferente do primeiro dia, onde também se obteve excelente correlação. Como esperado, o resultado apontou uma forte correlação neste procedimento, visto que a boa execução do mesmo depende, em grande parte, do avaliado. O papel do avaliador se limita a orientar o atleta antes da realização do teste quanto às intensidades adotadas e coletar os dados posteriormente, ações que, geralmente, pouco influenciam no valor de FC de pico atingido.

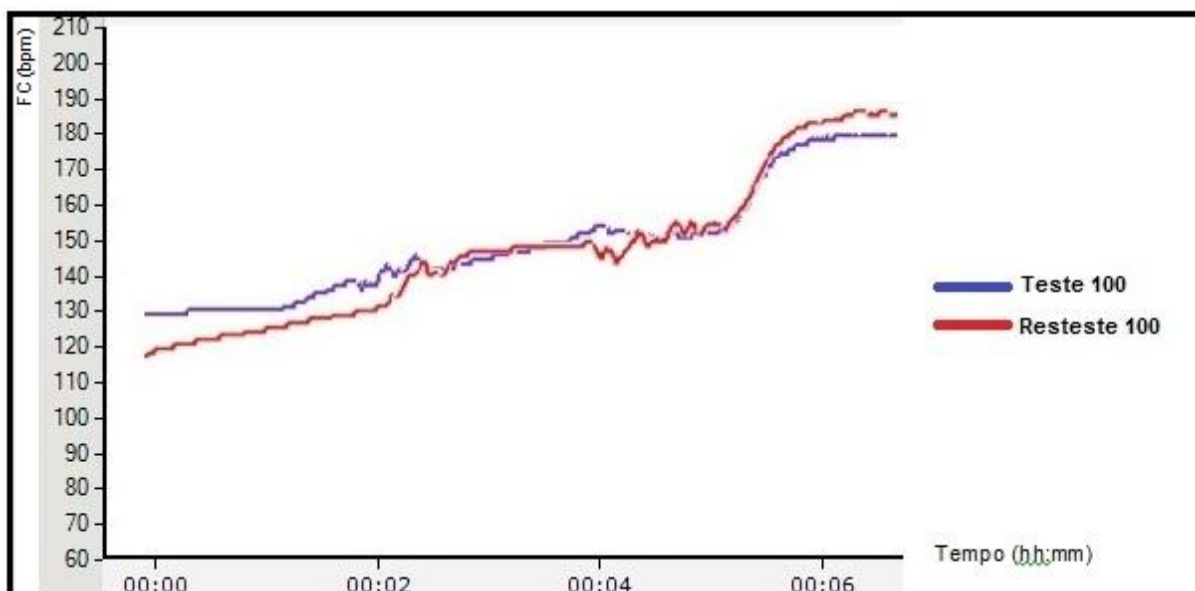
São encontrados na literatura outros testes (WAKAYOSHI *et al.*, 1995; PYNE *et al.*, 2001; MAGLISCHO, 2010; ZINNER *et al.*, 2011) teoricamente de característica máxima, em que um valor de FC é obtido. No entanto, a maioria destes procedimentos, por ter a obtenção da FC de pico como objetivo secundário, apresentam falhas metodológicas que podem refletir nestes valores. Como exemplo, vê-se que a última etapa de testes progressivos que visam à obtenção do limar anaeróbico é utilizada para este fim, entretanto, é evidente que para estes testes, a fadiga periférica pode se instaurar precocemente antes da obtenção da FC de pico. Outros fatores importantíssimos são a duração dos estímulos e intervalos, em que a progressão da FC é quebrada por intervalos de recuperação, além do controle indevido de certas variáveis.

Comprovada a validade do teste, fez-se também neste trabalho uma análise metodológica em relação às fases de aquecimento e parte principal quanto a sua metragem e resultados de FC obtidos.

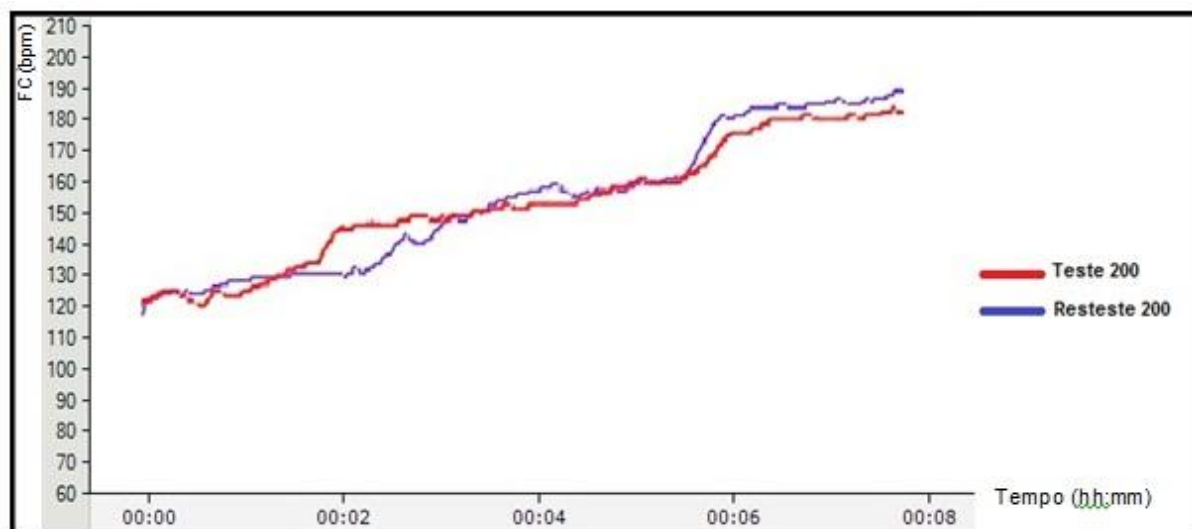
A primeira parte do teste corresponde à fase de aquecimento proposto de 400 metros. Esta fase se torna importante pelo fato de possibilitar ao atleta uma preparação para a parte principal sem gerar níveis de fadiga que possam prejudicar o atleta durante a mesma. A fim de atender nadadores de todos os níveis, estipulou-

se esta metragem, já que ela se mostrou suficiente para estimular de forma considerável o sistema nervoso autônomo simpático, colocando a FC do avaliado em um patamar distante da FC de repouso, e mais próximo da sua FCM (figura 2). Em estudos pilotos (SILVA *et al.*, 2010) realizados anteriormente a este, foi comprovado que um período de tempo superior a cinco minutos nesta intensidade não apresentava diferenças significativas em relação à performance seguinte.

Superando a fase de aquecimento, o ritmo de nado era alterado de forma imediata até atingir níveis máximos para as distâncias de 100 e 200 metros, com a consequente resposta da FC. As figuras 4 e 5 ilustram todo o comportamento evolutivo da FC ao longo do protocolo de 100 e 200m, respectivamente. Em ambos os casos a formação do platô ao final é um indicativo do nível máximo do esforço.



**Figura 4. Exemplo do comportamento da FC de um mesmo atleta obtida em teste e reteste com distância da parte principal de 100 metros.**



**Figura 5. Exemplo do comportamento da FC de um mesmo atleta obtida em teste e reteste com distância da parte principal de 200 metros.**

Visando aprimorar a qualidade do dado obtido, deve-se realizar o teste máximo sempre no mesmo horário, preferencialmente no horário de treino do avaliado, evitando interferências do ritmo biológico circadiano (AFONSO *et al.*, 2006) e aproximando da realidade de treino do mesmo. Quando se deseja comparar valores, deve-se controlar a temperatura da água (MULLER *et al.*, 2001) e o tipo de estímulo motivacional externo (SILVA *et al.*, 2010) aplicado como gestos e assovios, que quando muito diferentes nas situações de reteste, tem sido associados como fatores que podem influenciar significativamente nos resultados.

Quanto maior o número de variáveis a serem controladas (PSE, concentração de lactato no sangue, percentual do melhor tempo), mais precisos serão os resultados. Recomenda-se também a realização do reteste a cada três meses, já que a FC de pico pode ser alterada de acordo com o período/ciclo de treinamento (ZAVORSKY, 2000).

Uma limitação deste estudo foi a não realização da análise de gases respiratórios devido à dinâmica do teste, o que poderia confirmar a condição máxima do protocolo empregado pelo QR. No entanto, foram realizadas outras formas de controle (PSE, concentração de lactato sanguíneo, percentual do melhor tempo e  $\Delta$  frequência de braçadas), indicando claramente a elevada intensidade dos testes e conseqüente sua validade. Outra possível limitação seria quanto ao número restrito de avaliados, porém, buscando um refinamento metodológico, a amostra

necessitava concentrar-se em atletas de características biológicas, físicas e técnicas semelhantes, a fim de controlar outras variáveis que poderiam interferir nos resultados deste estudo. Sugere-se a partir deste trabalho a reprodução deste estudo em outros grupos populacionais de nadadores de elite, ou realizado em outras técnicas de nado como costas, peito ou borboleta.

Buscando um aumento de qualidade de treino durante o ajuste de carga de trabalho quando utilizados percentuais da FCM, e dentro do que foi possível planejar e pesquisar sobre o tema, tem-se como fruto deste trabalho um método de obtenção da FC de pico em natação rápido e simples, e acima de tudo, eficaz na sua proposta.

## **5. CONCLUSÃO**

Tanto o teste de 100 quanto o teste de 200 metros, realizados em máxima intensidade e precedidos de um aquecimento de 400 metros em intensidade moderada em natação são capazes de gerar, com precisão, a FCM de atletas de nível universitário.

## 6. REFERÊNCIAS

ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. Heart rate monitoring: applications and limitations. **Sports Medicine**, v. 33, n. 7, p. 517-38, 2003.

American College of Sports Medicine. **Guidelines for exercise testing and prescription**. 7ª edição. 2006.

AFONSO, L. S.; SANTOS, J. F. B.; LOPES, J. R.; TAMBELLI, R.; SANTOS, E. H. R.; BACK, F. A.; MENNA-BARRETO, L.; LIMA, J. R. P. Freqüência cardíaca máxima em esteira ergométrica em diferentes horários. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 6, p. 318-322, 2006.

ARAÚJO, C. G.; PINTO, V. L. M. Freqüência cardíaca máxima em testes de exercício em esteira rolante e em cicloergômetro de membros inferiores. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 85, n. 1, p. 45-50, 2005.

AVELLINI, B. A.; SHAPIRO, Y.; PANDOLF, K. B. Cardio-respiratory physical training in water and on land. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 50, n. 2, p. 255-63, 1983.

BARROS, M.V.G.; REIS, R.S. **Análise de dados em atividade física esauúde. Demonstrando a utilização do SPSS**. Londrina: Editora Midiograf, 2003.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377-81, 1982.

BOUDET, G.; GARET, M.; BEDU, M.; ALBUISSON, E.; CHAMOUX, A. Median maximal heart rate for heart rate calibration in different conditions: laboratory, field and competition. **International Journal of Sports Medicine**, v. 23, n. 4, p. 290-7, 2002.

BRUCE, R. A.; KUSUMI, F.; HOSMER, D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. **American Heart Journal**, v. 85, n. 4, p. 546-62, 1973.

CIELO, F. M. B. L.; NETO, J. B.; CURI, R.; PELLEGRINOTTI, I. L.; CIELO, C. A.; PITHON-CURI, T. C. Avaliação da glicemia, lactato plasmático e frequência cardíaca em nadadoras de 13 a 16 anos de idade após esforços máximos de 100 e 200 metros nado crawl. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 15, n. 1, p. 37-44, 2007.

CORAZZA, S. T.; PEREIRA, E. F.; VILLIS, J. M. C.; KATZER, J. I. Criação e validação de um teste para medir o desempenho motor do nado crawl. **Revista Brasileira de Cineantropometria de Desempenho Humano**, v. 8, n. 3, p. 73-78, 2006.



DANCEY, C. P.; REIDY, J. **Estatística sem matemática para psicologia usando SPSS para Windows**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FINA - Swimming Rules. 2013. Disponível em: <  
[http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com\\_content&view=category&id=82:swimming-rules&Itemid=184&layout=default](http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com_content&view=category&id=82:swimming-rules&Itemid=184&layout=default)>. Acesso em: 3 de fevereiro.

GELLISH, R. L.; GOSLIN, B. R.; OLSON, R. E.; MCDONALD, A.; RUSSI, G. D.; MOUDGIL, V. K. Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 5, p. 822-9, 2007.

GRAETTINGER, W. F.; SMITH, D. H.; NEUTEL, J. M.; MYERS, J.; FROELICHER, V. F.; WEBER, M. A. Relationship of left ventricular structure to maximal heart rate during exercise. **Chest**, v. 107, n. 2, p. 341-5, 1995.

GREENLEES, I. A.; GRAYDON, J. K.; MAYNARD, I. W. The impact of collective efficacy beliefs on effort and persistence in a group task. **Journal of Sports Sciences**, v. 17, n. 2, p. 151-8, 1999.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.

LONDEREE, B. R.; AMES, S. A. Trend analysis of the % VO<sub>2</sub> max-HR regression. **Medicine and Science in Sports**, v. 8, n. 2, p. 123-5, 1976.

LONDEREE, B. R.; MOESCHBERGER, M. L. Effects of age and other factors on maximal heart rate. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 53, n. 4, p. 297-304, 1982.

MAGLISCHO, E. W. **Nadando o mais rápido possível**. 3a edição. São Paulo: Editora Manole, 2010.

MARFELL-JONES, M.; OLDS, T.; STEWART, A.; CARTER, L. International standards for anthropometric assessment. **The International Society for the Advancement of Kinanthropometry**., 2006.

MARINS, J. C. B.; FERNANDEZ, M. D. Comparação da frequência cardíaca Máxima por meio de provas com perfil aeróbico e anaeróbico. **Fitness e Performance Journal**, v. 3, n. 3, p. 166-74, 2004.

MARINS, J. C. B.; FERNANDEZ, M. D. Empleo de ecuaciones para predecir la frecuencia cardíaca máxima en carrera para jóvenes deportistas. **Archivos de Medicina del Deporte**, v. 24, n. 118, p. 112-120, 2007.

MARINS, J. C. B.; MARINS, N. M. O.; FERNANDÉZ, M. D. Aplicaciones de la frecuencia cardíaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. **Apunts Medicine de l'Esport**, v. 45, n. 168, p. 251-258, 2010.

MULLER, F. I. G.; SANTOS, E.; LIMA, W. C.; KRUEL, L. F. M. Comportamento da frequência cardíaca em indivíduos imersos em diferentes temperaturas de água. **Revista Mineira de Educação Física**, v. 9, n. 1, p. 7-23, 2001.

MYLES, W. S.; TOFT, R. J. A cycle ergometer test of maximal aerobic power. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. 49, n. 1, p. 121-9, 1982.

NES, B. M.; JANSZKY, I.; WISLOFF, U.; STOYLEN, A.; KARLSEN, T. Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: The HUNT Fitness Study. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, 29 2012.

PYNE, D. B.; LEE, H.; SWANWICK, K. M. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, n. 2, p. 291-7, 2001.

RIBEIRO, L. F. P.; BALDISSERA, V.; BALAKIAN, P.; SOARES, A. R. Limiar anaeróbico em natação: comparação entre diferentes protocolos. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 18, n. 2, p. 201-212, 2004.

SCOLFARO, L. B.; MARINS, J. C. B.; REGAZZI, A. J. Estudo comparativo da Frequência Cardíaca Máxima em três modalidades cíclicas. **Revista da APEF**, v. 13, n. 1, p. 44-54, 1998.

SILVA, R. G.; MARINS, J. C. B.; MOREIRA, D. G.; SILVA, T. R.; BERNARDINA, G. R. D. Estímulos externos alteram a resposta da frequência cardíaca máxima em nadadores? **Anais do SImpósio de Integração Acadêmica - UFV**, 2010.

WAKAYOSHI, K.; D'ACQUISTO, L. J. D.; CAPPAERT, J. M.; TROUP, J. Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v. 16, p. 19-23, 1995.

WHYTE, G. P.; GEORGE, K.; SHAVE, R.; MIDDLETON, N.; NEVILL, A. M. Training induced changes in maximum heart rate **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 2, p. 129-33, 2008.

ZAVORSKY, G. S. Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. **Sports Medicine**, v. 29, n. 1, p. 13-26, 2000.

ZINNER, C.; KRUEGER, M.; WAHL, P.; SPERLICH, B.; MESTER, J. Comparison of Three Different Step Test Protocols in Elite Swimming. **Journal of Exercise Physiology**, v. 4, n. 1, 2011.

### **CAPÍTULO 3: É POSSÍVEL ESTIMAR A FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA DE NADADORES POR MEIO DE EQUAÇÕES?**

#### **RESUMO**

**Introdução:** O uso da FC para a prescrição do treinamento tem sido utilizado por sua praticidade e viabilidade além de ser um dos procedimentos mais simples e práticos de se mensurar a intensidade do exercício, permitindo obter importantes informações no controle fisiológico do treinamento. Fatores biológicos, como a idade, e fatores antropométricos como massa corporal, estatura, percentual de gordura e área corporal (BSA) já foram relacionados com a capacidade de influenciar a resposta individual da FC em exercício, e, por consequência na FCM.

**Objetivos:** a) verificar a relação de cada parâmetro (idade, massa corporal, estatura, percentual de gordura, IMC e BSA) com a FCM obtida em exercício máximo de natação; b) propor uma equação de predição da FCM para nadadores; c) comparar a FCM obtida frente a equações pré-estabelecidas.

**Metodologia:** Fizeram parte do estudo 47 atletas de natação (com média de idade de  $17,89 \pm 3,02$  anos, massa corporal de  $65,74 \pm 10,05$  quilos, estatura de  $1,71 \pm 0,08$  metros e percentual de gordura de  $14,42 \pm 7,27\%$ ), bem treinados, divididos em 33 homens e 14 mulheres e separados em três subgrupos: atletas universitários (G-1), atletas de elite da categoria juvenil (G-2) e atletas de elite da categoria junior (G-3). Todos os avaliados foram submetidos a um teste máximo, específico para nadadores para a obtenção da FCM. Para a verificação da correlação entre a FCM e os fatores: idade, velocidade de nado e variáveis antropométricas, foi utilizada a correlação de Pearson. Para gerar as equações de regressão a partir das correlações, foi utilizada a regressão múltipla stepwise. Para comparar os resultados de FCM obtida frente a estimada por três equações [ $FCM = 220 - \text{idade}$ ;  $FCM = 208,75 - 0,73 \times \text{idade}$ ; e  $FCM = 205 - 0,687 \times \text{idade}$ ] foram realizados testes de Mann-Whitney Rank Sum Test. Em todos os casos foi adotado um nível de significância de  $p < 0,05$ .

**Resultados:** Quando feita a correlação das variáveis que poderiam interferir na FCM atingida pelos nadadores, somente a variável idade, especificamente dentro do grupo de atletas universitários, se mostrou relacionada à FCM dos atletas avaliados. No entanto, a equação gerada para especificamente para este grupo apresentou baixos valores probabilísticos, atendendo a apenas 20,45% destes atletas. Quando

comparados com os valores de FCM obtidos em teste de natação, todas as equações de predição testadas se mostraram estatisticamente diferentes. Conclusão: Na ausência de correlação entre as variáveis, não foi possível gerar uma equação de qualidade para estimar a FCM para nadadores. Além disso, equações preditoras da FCM já existentes não são recomendadas para prever estes valores para nadadores. Sendo assim, recomenda-se a obtenção da mesma por meio da realização de testes máximos específicos.

**Palavras Chaves:** Frequência Cardíaca, Equações Preditivas, Natação.

## ABSTRACT

Introduction: The use of HR for training prescription has been used for its practicality and feasibility in addition to being one of the simplest and most practical to measure exercise intensity, allowing obtaining important information on the physiological control of training. Biological factors such as age and anthropometric factors such as weight, height, body fat percentage and body surface area (BSA) have been linked with the ability to influence the individual response of HR in exercise, and consequently the MHR. Objectives: a) verify the relationship of each parameter (age, weight, height, body fat percentage, BMI and BSA) with MHR obtained at maximal exercise swimming b) propose a prediction equation of MRH for swimmers, c) compare MHR achieved against pre-defined equations. Methods: Study participants were 47 swimmers (mean age of  $17.89 \pm 3.02$  years, weight  $65.74 \pm 10.05$  kg, height  $1.71 \pm 0.08$  m and body fat percentage of  $14.42 \pm 7.27\%$ ), well trained, being 33 men and 14 women divided into three subgroups: college athletes (18-25 years old, G1), elite athletes from the juvenil category (14-16 years old, G2) and elite athletes from the junior category (17-19 years old, G3). All evaluated were underwent a maximal test, specific for swimmers to obtain the MHR. To verify the correlation between the MHR and the factors: age, swimming velocity and anthropometric variables, was used Pearson correlation. To generate the regression equations from the correlations, was used stepwise multiple regression. To compare the results obtained against MHR estimated by three equations [ $MHR = 220 - \text{age}$ ;  $MHR = 208.75 - .73 \times \text{age}$ , and  $MHR = 205 + 0.687 \times \text{age}$ ] were performed using the Mann-Whitney rank sum Test. In all cases was adopted a significance level of  $p < 0.05$ . Results: When you made the correlation of the variables that could interfere with the MHR achieved by swimmers, only the variable age, specifically within the group of college athletes, proved to be related to MRH athletes assessed. However, the equation generated specifically for this group showed low values probability, given only 20.45% of athletes. When compared with values obtained in MHR swimming test, all prediction equations tested statistically different. Conclusion: In the absence of correlation between the variables, it was not possible to generate an equation to estimate the quality of MHR for swimmers. Furthermore, the predictive HRM equations existing are not recommended for swimmers to predict these values.

**Key Words:** Heart Rate Predictive Equations, Swimming.

## 1. INTRODUÇÃO

O treinamento desportivo de alto rendimento exige um refinado controle visando um melhor rendimento dos atletas. O monitoramento da carga de treino é fundamental, de forma que a variável intensidade representa um elemento importante para que o atleta aprimore progressivamente sua capacidade de rendimento. (CIELO *et al.*, 2007; MARINS *et al.*, 2010)

Como formas deste controle de intensidade é possível destacar a determinação direta do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub> máx.) (FERNANDES *et al.*, 2003), a concentração de lactato sanguíneo (DEMINICE *et al.*, 2010), a escala de classificação de esforço percebido (PSE) (PSYCHARAKIS, 2011) e a frequência cardíaca (FC) (MARINS *et al.*, 2010).

O uso da FC para a prescrição do treinamento tem sido utilizado por sua praticidade e viabilidade (MARINS E FERNANDEZ, 2004; ACSM, 2010) além de ser um dos procedimentos mais simples e práticos de se mensurar a intensidade do exercício (SCOLFARO *et al.*, 1998), permitindo obter informações importantes no controle fisiológico do treinamento. O método usualmente empregado para o controle da capacidade do treino empregando a FC denomina-se zona alvo, em que se estabelecem faixas percentuais de treino, tomando como base a frequência cardíaca máxima (FCM) obtida ou calculada por equação, havendo ainda a possibilidade de utilizar o conceito de FC de reserva proposta por Karvonen *et al.* (1957). Em ambos os casos, o uso de equações para estimar a FCM são amplamente usados.

Contudo, tendo em vista que na natação, em função de fatores como o reflexo de mergulho, posição horizontal de nado, a maior condução de calor pela água, o menor efeito da gravidade e a facilitação do retorno venoso pela pressão hidrostática, ocorre uma modificação na resposta da FC (KRUEL e SAMPEDRO, 1997), inclusive a FCM, o que torna inválido o uso de equações que foram validadas para ambiente terrestre (PSYCHARAKIS, 2011).

O emprego de equações para estimar a FCM é importante principalmente por questões de segurança. Existem recomendações (MAZZEO e TANAKA, 2001) por conta do efeito bradicárdico de imersão de aplicar a equação [FCM = 220-idade - 10 bpm], contudo, sem nenhum estudo que comprove isso. Por outro lado, quando se trata do exercício de natação, nenhum estudo que objetivou propor uma equação

específica para estimar a FCM em nadadores foi encontrado em uma revisão feita em dezembro de 2012 nas bases de dados PUBMED e Scielo com os descritores: frequência cardíaca máxima, natação, equação, e suas respectivas traduções “maximum heart rate”, “swimming”, e “equation”, o que torna este estudo exploratório nesse tema.

Fatores biológicos, como a idade (TANAKA *et al.*, 2001), e fatores antropométricos como o IMC e percentual de gordura (MILLER *et al.*, 1993), e área corporal (BSA) (GARDIN *et al.*, 1987) podem, de alguma forma influenciar na resposta individual da FC em exercício, e, por consequência, na FCM de cada atleta (LONDEREE e MOESCHBERGER, 1982).

Visando uma qualificação nos métodos de treinamento a partir de uma redução dos erros gerados por essa falta de precisão dos valores estimados de FCM em natação, este estudo tem como objetivos verificar a relação de cada parâmetro (idade, massa corporal, estatura, percentual de gordura, IMC e BSA) com a FCM obtida em exercício máximo de natação, propor uma equação de predição da FCM para nadadores e comparar a FCM obtida frente a três equações pré-estabelecidas  $FCM = 220 - idade$ ;  $FCM = 208,75 - (0,73 \times idade)$ ; e  $FCM = 205 - (0,687 \times idade)$ .

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido a partir de uma amostra de conveniência. Todos eram classificados como atletas de natação distribuídos em três grupos distintos, sendo o primeiro composto por atletas universitários (G1), o segundo por atletas da categoria Juvenil (G2), e o terceiro por atletas da categoria Júnior (G3), destacando que os dois últimos grupos eram considerados de alto nível competitivo de âmbito nacional e internacional e que treinavam regularmente em um clube de referência nacional localizado no estado de São Paulo. Além disso, todos os atletas treinavam por, no mínimo, um ano, de forma sistematizada até a realização desta coleta de dados.

Todos os atletas, de todos os grupos, se encontravam na mesma fase dentro da periodização do treinamento, estando todos eles no período de transição, ou seja, recém-saídos da fase competitiva. A tabela 1 apresenta as características gerais da amostra, como tamanho amostral de cada grupo e suas características antropométricas.

**Tabela 1. Características gerais da amostra. Valores antropométricos representados por média  $\pm$  desvio padrão.**

Grupo	N total	N homens	N mulheres	Idade (anos)	Massa corporal (kg)	Estatura (m)	%G*
G1	15	11	4	21,27 $\pm$ 2,49	71,52 $\pm$ 11,01	1,74 $\pm$ 0,08	18,14 $\pm$ 6,06
G2	16	13	3	14,88 $\pm$ 0,62	63,46 $\pm$ 9,08	1,69 $\pm$ 0,06	11,01 $\pm$ 6,15
G3	16	9	7	17,75 $\pm$ 0,77	62,59 $\pm$ 8,05	1,70 $\pm$ 0,10	14,33 $\pm$ 7,97
G2+G3 (elite)	32	22	10	16,31 $\pm$ 1,62	63,03 $\pm$ 8,45	1,70 $\pm$ 0,08	12,67 $\pm$ 7,21
G1+G2+G3 (todos)	47	33	14	17,89 $\pm$ 3,02	65,74 $\pm$ 10,05	1,71 $\pm$ 0,08	14,42 $\pm$ 7,27

\* Cálculo do percentual de gordura pela equação de estimativa por sete dobras cutâneas de Jackson e Pollock (1978).

A todos os que tiveram interesse de participar do estudo, foi explicado detalhadamente todo o processo ao qual seriam submetidos, e esclarecidos que não haveria, em hipótese alguma, qualquer tipo de recompensa financeira ou material pela participação no estudo.

Um termo de consentimento (Anexo 1) foi assinado antes de serem submetidos a qualquer tipo de esforço, deixando claro que a sua participação seria por livre espontaneidade e que todos estariam cientes dos procedimentos e das possíveis sensações características do teste. Além disso, foram informados de que poderiam abandonar o estudo quando desejassem. No caso dos avaliados menores



de 18 anos, os pais tiveram acesso a este documento e autorizaram a participação dos seus filhos nesta pesquisa.

Para assegurar a integridade dos participantes do estudo, todos os atletas haviam passado por exames clínicos nos últimos 3 meses em que comprovavam sua capacidade para realizar qualquer tipo de exercício físico com a segurança necessária, não havendo registros de sujeitos com problemas cardíacos, ou metabólicos do tipo diabetes.

Todos os procedimentos realizados foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em pesquisas com seres humanos da Universidade Federal de Viçosa (Of. Ref. N° 180/2011), estando de acordo com as leis brasileiras para pesquisas com seres humanos.

As medidas antropométricas (massa corporal, estatura e percentual de gordura) foram coletadas para a caracterização da amostra antes da realização dos testes, sendo estas feitas por um mesmo avaliador, integrante do grupo de avaliadores do Laboratório de Performance Humana (LAPEH) da UFV. Os registros antropométricos tomaram como referência as indicações propostas por Marfell-Jones *et al.* (2006), sendo realizadas sempre no período da manhã. Para o cálculo do percentual de gordura, foi utilizando a equação de estimativa por sete dobras cutâneas de Jackson e Pollock (1978). Foi utilizado o software Avaesporte® para calcular os dados de percentual de gordura.

Para o registro da frequência cardíaca ao longo do experimento foi utilizado o monitor cardíaco (TEAM2PRO®, Polar®, Finlândia). Para que a banda do monitor cardíaco não se deslocasse da sua posição inicial (abaixo do processo xifóide), todos os nadadores (inclusive os homens) utilizaram um “top” colocado para manter a fita transmissora no local de melhor contato para a coleta dos batimentos pela banda (figura 1), de forma a não haver perda no sinal de registro da FC.



**Figura 1: Exemplo da fixação do monitor cardíaco nos nadadores**

O protocolo aplicado correspondeu a duas fases, uma de aquecimento e outra considerada como principal. Na fase preparatória, padronizada entre todos os testes, o atleta nadou 400 metros no estilo crawl (saindo de dentro da piscina) em uma intensidade que varia de leve a moderada (80 a 140 bpm). O tempo de aquecimento foi variável, porém nunca inferior a 4 minutos e nem superior a 8 minutos, conforme realizado em outros trabalhos de corrida (SCOLFARO *et al.*, 1998; MARINS e FERNANDEZ, 2007) para avaliar a FCM.

Logo após o aquecimento e sem intervalo de descanso, a parte principal consistiu em nadar 100 ou 200 metros no menor tempo possível. Todos os atletas foram avaliados nas duas distâncias em dois dias diferentes, tendo 24 horas de intervalo, no mínimo, entre os dois testes. No entanto, metade dos avaliados fizeram no primeiro dia a distância de 100 m, enquanto que a distância de 200m foi realizada no segundo dia de testes. A outra metade teve a ordem das distâncias invertida.

Visto que estes atletas estão habituados a nadarem provas máximas por 3 a 4 dias seguidos em competições e pelos resultados apresentados em teste piloto, o intervalo proposto se mostrou suficiente para a realização de um novo teste estando o atleta avaliado em plena integridade física.

Os testes foram considerados máximos quando o atleta atingiu dois requisitos dentre os três citados abaixo:

- a) completar o protocolo entre 85% e 100% de seu melhor desempenho registrado;
- b) obter valores de concentração de lactato pós-teste iguais ou superiores a 8mmol/L (ACSM, 2006);
- c) relatar valores de PSE (escala de Borg 6 a 20) iguais ou superiores a 18 (ACSM, 2006).

Durante a realização de parte principal dos testes foi registrada a contagem das braçadas do nado a cada 25 metros. A diferença entre o maior e o menor número de braçadas foi chamada de  $\Delta$ FB. Essa contagem foi observada para relação com o esforço do atleta.

Após a chegada ao final do teste, os atletas indicavam sua percepção subjetiva de esforço (PSE) em uma tabela com valores que variavam de 6 (sem esforço algum) a 20 (máxima intensidade) (BORG, 1982).

Depois de indicarem sua PSE, foi registrada a concentração de lactato sanguíneo. As amostras foram obtidas por punção na polpa digital a cada minuto, até que um valor inferior ao anterior fosse registrado, adotando assim, este valor mais elevado. Este processo foi realizado por meio do uso de lancetas (Accu-check

Softclix<sup>®</sup>, Roche<sup>®</sup>, Brasil) e a coleta do sangue nas fitas apropriadas foram analisadas por um aparelho destinado a esse fim (Accutrend<sup>®</sup>, Roche<sup>®</sup>, Brasil). Todo o material descartável era destinado de forma correta em recipientes apropriados e destinados como lixo hospitalar, respeitando assim as normas de segurança biológica e respeito ao meio ambiente.

Todos os testes foram aplicados no período da manhã, tendo início a partir das 8:00 horas e finalizando às 10:00 horas. Os testes foram realizados em uma piscina olímpica, porém as raias foram dispostas em 25 metros. A temperatura da água variou entre 25 e 28°C, estando dentro das normas recomendadas pela FINA (2013). Além disso, no dia anterior à realização dos mesmos, os treinos foram suspensos, afim de não haver possíveis interferências nos resultados.

Para mensuração da massa corporal foi utilizada uma balança digital (w 200A, Welmy<sup>®</sup>, Santa Bárbara d'Oeste, Brasil) com precisão em 100 gramas. Para a medição da estatura, um estadiômetro (ES2030, Sanny<sup>®</sup>, São Bernardo do Campo, Brasil) com precisão em milímetros, e para a mensuração das dobras cutâneas, um plicômetro (Científico, Cescor<sup>®</sup>, Porto Alegre, Brasil) com precisão em 0,1 milímetros. No registro do tempo de duração dos testes foi utilizado um cronômetro (z-100, TYR<sup>®</sup>, USA) com precisão em 0,01 segundos.

Foi utilizado para o registro da frequência cardíaca o monitor cardíaco (TEAM2PRO<sup>®</sup>, Polar<sup>®</sup>, Finlândia), programado para registrar a FC com intervalo a cada segundo. Os dados foram transmitidos para um computador pessoal (Presario CQ40-713BR<sup>®</sup>, COMPAQ HP, Brasil) e posteriormente organizados pelo programa POLAR TEAM2<sup>®</sup>.

Para verificar a normalidade da distribuição dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Já para a verificação da correlação entre a FCM e as variáveis: idade, velocidade de nado (mensurado pelo percentual do melhor tempo), variáveis antropométricas (massa corporal, estatura, percentual de gordura, área corporal e índice de massa corporal) foi utilizada a correlação de Pearson. Além disso, para gerar as equações de regressão a partir das correlações, foi utilizada a regressão múltipla stepwise

A fim de possibilitar uma análise mais criteriosa sobre os resultados, foram feitos tratamentos estatísticos comparativos dentro de cada grupo e também agrupando todos os indivíduos e testes que participaram do estudo.

Para comparar os resultados de FCM obtidos em teste e os estimados pelas equações  $FCM = 220 - idade$ ,  $FCM = 208,75 - (0,73 \times idade)$  (TANAKA *et al.*, 2001) e  $FCM = 205 - (0,687 \times idade)$  (RICARD *et al.*, 1990), foram realizados testes de Mann-Whitney Rank Sum Test, já que os resultados estimados não apresentaram distribuição normal. Foi utilizado o programa estatístico Genes v. 2012. Em todos os casos foi adotado um nível de significância de  $p < 0,05$ .

### 3. RESULTADOS

Todos os atletas nadaram dentro da zona de trabalho estipulada (acima de 85% do melhor tempo obtido em competição), apresentaram valores de PSE superior a 18 e concentração de lactato superior a 8mmol/l (tabela 2). Dessa forma, nenhum atleta foi excluído da amostra e todos os testes foram considerados máximos e válidos para o estudo.

**Tabela 2. Valores de frequência cardíaca máxima (FCM), percentual do melhor tempo (%MT), concentração de lactato ([Lac]) e percepção subjetiva de esforço (PSE) obtidos.**

	FCPico (bpm)	% MT	[Lac]	PSE
Média	188,83	90,29	10,47	18,64
desvio padrão	9	3,46	2,10	0,72
valor máximo	210	98,61	15,8	20
valor mínimo	171	85,07	8,0	18

Pode-se verificar na tabela 3, que quando feita a correlação das variáveis que poderiam interferir na FCM atingida pelos nadadores, somente a variável idade, especificamente dentro do grupo de atletas universitários, se mostrou relacionada à FCM dos atletas avaliados.

**Tabela 3. Valores de  $p$  para correlação entre os valores de FCM obtidas em teste máximo de natação e as variáveis: idade, percentual do melhor tempo, massa corporal, estatura, área corporal, índice de massa corporal e percentual de gordura.**

	Idade	%MT	Massa corporal	Estatura	BSA	IMC	%G
Atletas Universitários	0,01*	0,68	0,53	0,55	0,56	0,65	0,52
Atletas de elite	0,15	0,82	0,65	0,76	0,9	0,61	0,64
Todos os atletas	0,11	0,73	0,97	0,59	0,76	0,68	0,52

\* correlação significativa ( $p < 0,05$ )

%MT – percentual do melhor tempo de prova; BSA – área corporal; IMC – índice de massa corporal; %G – percentual de gordura.

Tomando como base os resultados apresentados na tabela anterior, foram feitas regressões múltiplas stepwise utilizando todas as variáveis. Sendo assim, tornou-se mais apropriado gerar regressões em função da variável idade, conforme

apresentado na tabela 4. Dentre estas equações, as geradas para atletas de elite e a que reúne todos os atletas apresentaram um baixo percentual de probabilidade, enquanto que a gerada especificamente para o grupo de atletas universitários mostrou-se válida, apresentando valores de probabilidade melhores do que os grupos anteriormente citados.

**Tabela 4. Equações geradas pelo modelo de regressão múltipla stepwise e seu respectivo coeficiente de determinação (percentual de probabilidade).**

	Equação gerada	Percentual de probabilidade
Atletas Universitários	$FCM = 220,67 - 1,49 \times (\text{idade})$	20,45%*
Atletas de elite	$FCM = 206,09 - 1,06 \times (\text{idade})$	3,23%
Todos os atletas	$FCM = 197,72 - 0,5 \times (\text{idade})$	2,74%

\* Foi possível determinar uma relação entre a variável idade e a FCM obtida.

Quando comparados com os valores de FCM obtidos em teste de natação, todas as equações de predição testadas se mostraram estatisticamente diferentes, ou seja, para esta amostra, seriam incapazes de prever valores de FCM. Os valores de FCM obtidos em teste de natação e estimados pelas equações consideradas nesse estudo estão exibidos na tabela 5 e ilustrados na figura 2, que seguem:

**Tabela 5. Valores de FCM obtidos em teste de natação e estimados por equações de predição para exercício de corrida e ciclismo.**

	FCM obtida	$FCM=220-\text{idade}$	$FCM=208,75-0,73(\text{idade})$	$FCM=205-0,687(\text{idade})$
Média	188,83 <sup>a,b,c</sup>	202,11 <sup>a</sup>	195,69 <sup>b</sup>	192,71 <sup>c</sup>
Desvio Padrão	9,00	3,00	2,19	2,06
Máximo	210	206	199	195
Mínimo	171	195	191	188

<sup>a,b,c</sup> Presença de diferença estatística ( $p < 0,001$ )

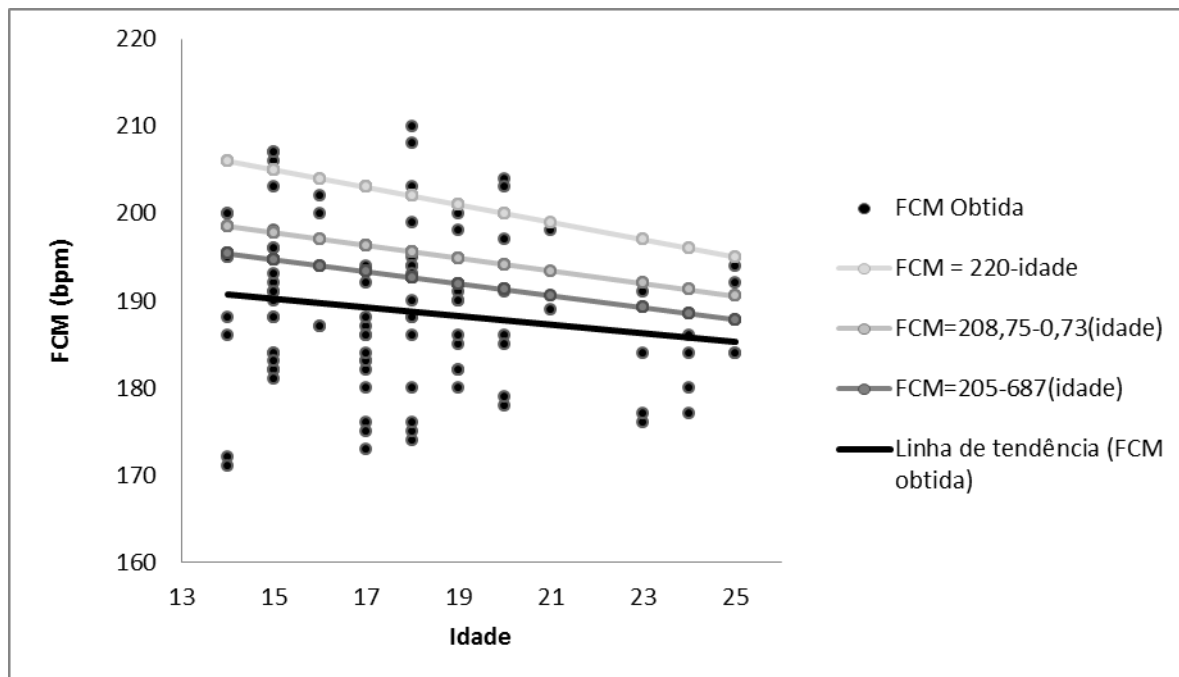


Figura 2. Distribuição das FCM obtidas em teste de natação (e sua linha de tendência) e da FCM estimada por três equações.

#### 4. DISCUSSÃO

Tendo em vista que os critérios adotados de concentração de lactato, PSE, e que todos superaram 85% do melhor tempo das distâncias realizadas (tabela 2), ao final da parte principal de cada teste, é possível considerar que a intensidade do teste foi capaz de produzir um estímulo suficiente para atingir a FCM. O emprego do analisador de gases poderia certificar a intensidade máxima do esforço realizado, porém era inviável para seu uso neste trabalho.

Outro indicador que aponta quando um esforço é máximo é o aparecimento de um platô na FC ao final do teste (TANAKA *et al.*, 2001; ACSM, 2010). Esse comportamento foi observado em todos os atletas, permitindo assim apontar que os nadadores tiveram seus testes classificados como máximos.

De acordo com o que foi observado nos resultados, pode-se inferir que a variável idade foi a que melhor respondeu à variação das FCM obtidas em teste máximo de natação no grupo de atletas universitários. Neste aspecto, estudos transversais (GRAETTINGER *et al.*, 1995; KRUEL e SAMPEDRO, 1997; NES *et al.*, 2012) e outros longitudinais (TANAKA *et al.*, 2001), também mostraram esta relação, apontando para uma relação inversa entre a FC Máxima e a idade, como foi visto no grupo de atletas universitários desta amostra.

As razões para esta relação ainda não estão totalmente claras, mas tem-se como principal fator redutor da FCM no decorrer da idade a constante diminuição da FC intrínseca, àquela que não depende de influências autonômicas, ao passar dos anos. Além disso, fatores como as alterações no nodo sinusal, aumento da arteriosclerose periférica, e o aumento da duração do período de relaxamento involuntário, provocados pelo envelhecimento também são possíveis teorias para esta redução (SHEPHARD e ASTRAND, 1994).

Entretanto, a influência do fator idade não foi registrada em todos os grupos avaliados (Tabela 3). Isso pode ter ocorrido pelo restrito tamanho amostral e a reduzida variação de idade dentro dos mesmos quando comparados a pesquisas que têm como objetivo principal apontar estas variações.

No entanto, quando se analisou o comportamento da FCM obtida em exercício de natação em relação às medidas antropométricas, o presente estudo não identificou relação entre estas variáveis. Estes resultados concordam com os estudos pesquisados (LESTER *et al.*, 1968; SHEFFIELD *et al.*, 1978;



GRAETTINGER *et al.*, 1995; GELLISH *et al.*, 2007; NES *et al.*, 2012), em que apontam que não existe diferença nos valores de FCM quando comparados indivíduos de massa corporal, estatura, IMC e BSA semelhantes.

Foi visto que para o grupo de nadadores avaliados, nenhuma variável antropométrica apresentou-se significativamente capaz de interferir nos valores de FCM obtidos em teste máximo. Caso o estudo apresentasse grupos populacionais com características antropométricas bem heterogêneas, é possível que houvesse alguma relação, como ocorreu em alguns trabalhos (LOFTIN *et al.*, 2003; NORMAN *et al.*, 2005) que encontraram diferenças nos valores de FCM quando comparados obesos e não obesos. Já Miller *et al.* (1993) propôs equações de FCM diferenciadas para sujeitos com IMC acima de 30, situação totalmente diferente do presente grupo que apresenta um IMC médio de  $22,43 \pm 2,34$ .

Como dito, o trabalho de Loftin *et al.* (2003), que encontrou uma sinalização que o percentual de gordura influencia na FCM, teve como ponto de referência sujeitos obesos, situação oposta da encontrada atletas do presente estudo. Assim que, se acredita que a ausência de influência do percentual de gordura na população estudada foi determinada pelo baixo percentual de gordura dos avaliados, assim como ocorreu em outros trabalhos (ZANCONATO *et al.*, 1989; MARINOV *et al.*, 2002; MILANO e LEITE, 2009). Os resultados obtidos aqui sinalizam claramente que a FCM na população de nadadores treinados não se vê afetada por parâmetros antropométricos.

Este estudo comprovou que os valores de FCM gerados pelas equações  $FCM = 220 - idade$  (de uso comum),  $FCM = 208,75 - 0,73 \times idade$  (TANAKA *et al.*, 2001), que foi proposta para exercícios de corrida, e  $FCM = 205 - 0,687 \times idade$  (RICARD *et al.*, 1990), proposta para exercício de ciclismo, prediriam de forma errônea as FCM dos atletas que compuseram a amostra deste trabalho. Isso reforça o conceito de que não se deve utilizar de equações de predição geradas a partir de exercícios diferentes daquele em que a equação foi validada originalmente. Por exemplo, caso fosse empregada a equação  $FCM = 220 - idade$ , produziria um erro médio de 13,2 bpm a mais do que realmente foi obtido o que implicaria na prescrição das zonas alvo de treinamento de forma totalmente equivocada.

A figura 2 apresenta claramente como o uso de qualquer uma das três equações testadas implicaria em uma condição de superestimar a FCM da maior parte dos nadadores. Também fica evidente que a FCM apresenta um

comportamento individual importante, tendo em vista que sujeitos de uma mesma idade, por exemplo, com 18 anos pode apresentar 173 bpm enquanto que outro com 210 bpm.

Portanto, de acordo com os dados apresentados, tanto para o público de atletas universitários quanto para os atletas de elite de natação, recomenda-se a obtenção da FCM, visando uma prescrição de treinamento correta, já que as variáveis controladas neste estudo, que poderiam ter relação direta com a FCM, apresentaram baixa correlação no caso da equação gerada para atletas universitários (20,45%), ou não apresentaram correlação.

## 5. CONCLUSÃO

Na ausência de correlação entre as variáveis, não foi possível gerar uma equação de qualidade para estimar a FCM para nadadores. Além disso, três equações preditoras da FCM testadas não são recomendadas para estimar a FCM em nadadores. Recomenda-se a obtenção da FCM por meio da realização de testes máximos específicos.

## 6. REFERÊNCIAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Guidelines for exercise testing and prescription**. 7ª edição. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.

\_\_\_\_\_. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 8ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

CIELO, F. M. B. L.; NETO, J. B.; CURI, R.; PELLEGRINOTTI, I. L.; CIELO, C. A.; PITHON-CURI, T. C. Avaliação da glicemia, lactato plasmático e frequência cardíaca em nadadoras de 13 a 16 anos de idade após esforços máximos de 100 e 200 metros nado crawl. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 15, n. 1, p. 37-44, 2007.

DEMINICE, R.; TRINDADE, C. S.; DEGIOVANNI, G. C.; GARLIP, M. R.; PORTARI, G. V.; TEIXEIRA, M.; JORDAO, A. A. Oxidative stress biomarkers response to high intensity interval training and relation to performance in competitive swimmers. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 50, n. 3, p. 356-62, 2010.

FERNANDES, R. J.; CARDOSO, C. S.; SOARES, S. M.; ASCENSAO, A.; COLACO, P. J.; VILAS-BOAS, J. P. Time limit and VO<sub>2</sub> slow component at intensities corresponding to VO<sub>2</sub>max in swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v. 24, n. 8, p. 576-81, 2003

GARDIN, J. M.; SAVAGE, D. D.; WARE, J. H.; HENRY, W. L. Effect of age, sex, and body surface area on echocardiographic left ventricular wall mass in normal subjects. **Hypertension**, v. 9, n. 2 Pt 2, p. 1136-9, 1987 .

GELLISH, R. L.; GOSLIN, B. R.; OLSON, R. E.; MCDONALD, A.; RUSSI, G. D.; MOUDGIL, V. K. Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 5, p. 822-9, 2007.

GRAETTINGER, W. F.; SMITH, D. H.; NEUTEL, J. M.; MYERS, J.; FROELICHER, V. F.; WEBER, M. A. Relationship of left ventricular structure to maximal heart rate during exercise. **Chest**, v. 107, n. 2, p. 341-5, 1995.

KARVONEN, M. J.; KENTALA, E.; MUSTALA, O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. **Annales Medicinæ Experimentalis et Biologiae Fenniae**, v. 35, n. 3, p. 307-15, 1957.

KRUEL, L. F. M.; SAMPEDRO, R. M. F. Sistema cardiocirculatório – uma revisão. **Revista Mineira de Educação Física**, v. 5, n. 2, p. 56-68, 1997.

LESTER, M.; SHEFFIELD, L. T.; TRAMMELL, P.; REEVES, T. J. The effect of age and athletic training on the maximal heart rate during muscular exercise. **American Heart Journal**, v. 76, n. 3, p. 370-6, 1968.

LOFTIN, M.; SOTHERN, M.; VANVRANCKEN, C.; O'HANLON, A.; UDALL, J. Effect of obesity status on heart rate peak in female youth. **Clinical Pediatrics (Philadelphia)**, v. 42, n. 6, p. 505-10, 2003.

LONDEREE, B. R.; MOESCHBERGER, M. L. Effects of age and other factors on maximal heart rate. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 53, n. 4, p. 297-304, 1982.

MARINOV, B.; KOSTIANEV, S.; TURNOVSKA, T. Ventilatory efficiency and rate of perceived exertion in obese and non-obese children performing standardized exercise. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 22, n. 4, p. 254-60, 2002.

MARINS, J. C. B.; FERNANDEZ, M. D. Fcmáx: Comparação da frequência cardíaca máxima por meio de provas com perfil aeróbico e anaeróbico. **Fitness e Performance Journal**, v. 3, n. 3, p. 166-174, 2004.

MARINS, J. C. B.; FERNANDEZ, M. D. Empleo de ecuaciones para predecir la frecuencia cardíaca máxima en carrera para jóvenes desportistas. **Archivos de Medicina del Deporte**, v. 24, n. 118, p. 112-120, 2007.

MARINS, J. C. B.; MARINS, N. M. O.; FERNANDÉZ, M. D. Aplicaciones de la frecuencia cardíaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. **Apunts Medicina de l'Esport**, v. 45, n. 168, p. 251-258, 2010.

MAZZEO, R. S.; TANAKA, H. Exercise prescription for the elderly: current recommendations. **Sports Medicine**, v. 31, n. 11, p. 809-18, 2001.

MILANO, G. E.; LEITE, N. Comparação das variáveis cardiorrespiratórias de adolescentes obesos e não obesos em esteira e bicicleta ergométrica. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 4, 2009.

MILLER, W. C.; WALLACE, J. P.; EGGERT, K. E. Predicting max HR and the HR-VO<sub>2</sub> relationship for exercise prescription in obesity. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v. 25, n. 9, p. 1077-81, 1993..

NES, B. M.; JANSZKY, I.; WISLOFF, U.; STOYLEN, A.; KARLSEN, T. Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: The HUNT Fitness Study. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, 2012.

NORMAN, A. C.; DRINKARD, B.; MCDUFFIE, J. R.; GHORBANI, S.; YANOFF, L. B.; YANOVSKI, J. A. Influence of excess adiposity on exercise fitness and performance in overweight children and adolescents. **Pediatrics**, v. 115, n. 6, p. e690-6, 2005.

PSYCHARAKIS, S. G. A longitudinal analysis on the validity and reliability of ratings of perceived exertion for elite swimmers. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 2, p. 420-6, 2011.

RICARD, R. M.; LEGER, L.; MASSICOTE, D. Validity of the "220-age formula" to predict maximal heart rate. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 22, n. Suppl S96 (Abstract 575), 1990.

SCOLFARO, L. B.; MARINS, J. C. B.; REGAZZI, A. J. Estudo Comparativo da Frequencia Cardíaca Máxima em Três Modalidade Cíclicas. **Revista da Associação dos Professores de Educação Física de Londrina (APEF)**, v. 12, n. 1, p. 44 - 54, 1998.

SHEFFIELD, L. T.; MALOOF, J. A.; SAWYER, J. A.; ROITMAN, D. Maximal heart rate and treadmill performance of healthy women in relation to age. **Circulation**, v. 57, n. 1, p. 79-84, 1978.

SHEPHARD, R.; ASTRAND, P. **La resistencia en el deporte**. Barcelona: 1994.

TANAKA, H.; MONAHAN, K. D.; SEALS, D. R. Age-predicted maximal heart rate revisited. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 37, n. 1, p. 153-6, 2001.

ZANCONATO, S.; BARALDI, E.; SANTUZ, P.; RIGON, F.; VIDO, L.; DA DALT, L.; ZACCHELLO, F. Gas exchange during exercise in obese children. **European Journal of Pediatrics**, v. 148, n. 7, p. 614-7, 1989.

## CONCLUSÕES GERAIS

A condução deste trabalho possibilitou algumas conclusões relacionadas à obtenção da FCM em exercício de natação.

Quando comparados atletas de mesmo nível técnico e idade, o fator sexo não mostrou-se como sendo influenciador na resposta da FCM para testes máximos de natação, ou seja, para estes atletas, a mesma metodologia aplicada para a obtenção da FCM em homens pode e deve ser aplicada nas mulheres e vice-versa.

Na ausência de um teste validado especificamente para a obtenção da FCM em natação, o segundo capítulo desta dissertação apresenta um modelo de teste máximo validado em um público de atletas de natação universitários. Como conclusão do mesmo, tem-se que tanto o teste de 100 quanto o teste de 200 metros, realizados em máxima intensidade e precedidos de um aquecimento de 400 metros em intensidade moderada são capazes de gerar, com precisão, a FCM de atletas de natação.

Outro achado importantíssimo deste trabalho foi a não verificação de correlação entre as variáveis antropométricas de massa corporal, estatura, percentual de gordura, IMC e BSA, assim como na variável idade com a FCM obtida nos atletas avaliados. Sendo assim, não foi possível gerar uma equação de qualidade para estimar a FCM para nadadores, visto que o comportamento da FCM obtida em natação é específica e individual, não podendo ser estimada por equações. Além disso, equações preditoras da FCM já existentes não são recomendadas para prever estes valores para nadadores, já que apresentaram diferenças significativas em relação aos valores obtidos em teste. Sendo assim, recomenda-se a obtenção da mesma por meio da realização de testes máximos específicos e validados.

## ANEXO 1 – Termo de consentimento

<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA</b> <b>DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA</b> <b>LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA</b>
---

AVALIADO: \_\_\_\_\_ IDADE: \_\_\_\_\_

### FORMULÁRIO DE TERMO DE CONSENTIMENTO

“Concordo voluntariamente em me submeter a uma pesquisa, juntamente com os demais integrantes desta equipe de natação, que tem como finalidade avaliar as respostas da frequência cardíaca de atletas de Natação para identificar a intensidade de esforço desses indivíduos frente aos treinamentos e competições. Sou sabedor que este monitoramento da frequência cardíaca será realizado com equipamentos próprios (cintas emborrachadas colocadas na altura do peito, cientificamente utilizados) durante situações e intensidades que comumente sou submetido durante os treinos. As determinações prévias da Frequência Cardíaca Máxima serão realizadas nas dependências do local de treinamento (Piscina deste centro de treinamento), com possibilidades de aparecimento de sintomas de cansaço e esperada elevação da Frequência Cardíaca, recuperando facilmente deste quadro de fadiga depois de alguns minutos. Sou sabedor ainda que não receberei nenhum tipo de vantagem econômica ou material por participar do estudo, além de poder abandonar a pesquisa em qualquer etapa do seu desenvolvimento. Estou em conformidade que os resultados obtidos sejam divulgados no meio científico, sempre resguardando sua individualidade e identificação. Declaro ainda que não sou possuidor de nenhum comprometimento metabólico ou orgânico que lhe impeça de realizar exercícios físicos. Estou suficiente informado pelos membros do presente estudo sobre as condições em que irão ocorrer as provas experimentais, sobre responsabilidade do Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins e sua equipe de trabalho.”

Assinaturas:

\_\_\_\_\_  
 Prof. Dr. João Carlos B. Marins  
 Responsável pelo projeto

\_\_\_\_\_  
 Rafael Gonçalves Silva  
 Co-Responsável pelo projeto

\_\_\_\_\_  
 Voluntário

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_



## ANEXO 2 – Aprovação do comitê de ética



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS**  
*Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-000 - Telefone: (31) 3899-1269*

Of. Ref. Nº 180/2011/Comitê de Ética

Viçosa, 18 de novembro de 2011.

Prezado Professor:

Cientificamos V. S<sup>a</sup>. de que o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, em sua 8ª Reunião de 2011, realizada nesta data, analisou e aprovou, sob o aspecto ético, o projeto intitulado *Validação de dois testes físicos e elaboração de equações específicas para predição da frequência cardíaca de pico em nadadores*.

Atenciosamente,

*Professor Ricardo Junqueira Del Carlo*  
Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos  
Vice-Presidente em exercício

Ao Professor  
João Carlos Bouzas Marins  
Departamento de Educação Física

/rhs.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS  
*Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-000 - Telefone: (31) 3899-1269*

Of. Ref. Nº 180/2011/Comitê de Ética

Viçosa, 18 de novembro de 2011.

Prezado Professor:

Cientificamos V. S<sup>a</sup>. de que o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, em sua 8<sup>a</sup> Reunião de 2011, realizada nesta data, analisou, sob o aspecto ético, o projeto intitulado *Validação de dois testes físicos e elaboração de equações específicas para predição da frequência cardíaca de pico em nadadores* e constatou que a(s) autorização(ões) do(s) representante(s) legal(is) do(s) clube(s) onde o projeto será realizado, deverá ser obtida antes que os trabalhos sejam iniciados.

Atenciosamente,

*Professor Ricardo Junqueira Del Carlo*  
Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos  
Vice-Presidente em exercício

Ao Professor  
João Carlos Bouzas Marins  
Departamento de Educação Física

/rhs.



### Principais títulos

#### Futebol Profissional

**1º Campeão Mundial de Clubes (FIFA) • 2000**

**Tetracampeão Brasileiro**  
1990 • 98 • 99 • 2005

**Campeonato Paulista**  
14 • 16 • 22 • 23 • 24 •  
28 • 29 • 30 • 37 • 38 •  
39 • 41 • 51 • 52 • 54 •  
77 • 79 • 82 • 83 • 88 •  
95 • 97 • 99 • 01 • 03

**Copa do Brasil**  
95 (Invicto) • 2002

**Torneio Rio - São Paulo**  
50 • 53 • 54 • 66 • 02

#### Futebol Junior

**Copa São Paulo de Futebol**  
69 • 70 • 95 • 99 04 • 05

#### Demais esportes:

ATLETISMO  
BASQUETE  
BOCHA SUL-AMERICANA  
CARTEADO  
ESPORTES AQUÁTICOS  
FUTEBOL ASSOCIADOS  
FUTEBOL DE MESA  
FUTEBOL DE SALÃO  
FUTEBOL SOCIETY  
HANDEBOL  
JUDÓ  
MALHA  
PETECA  
REMO  
TAEKWONDO  
TAMBORÉU  
TÊNIS  
VÓLEI



São Paulo, 16 de Julho de 2012.

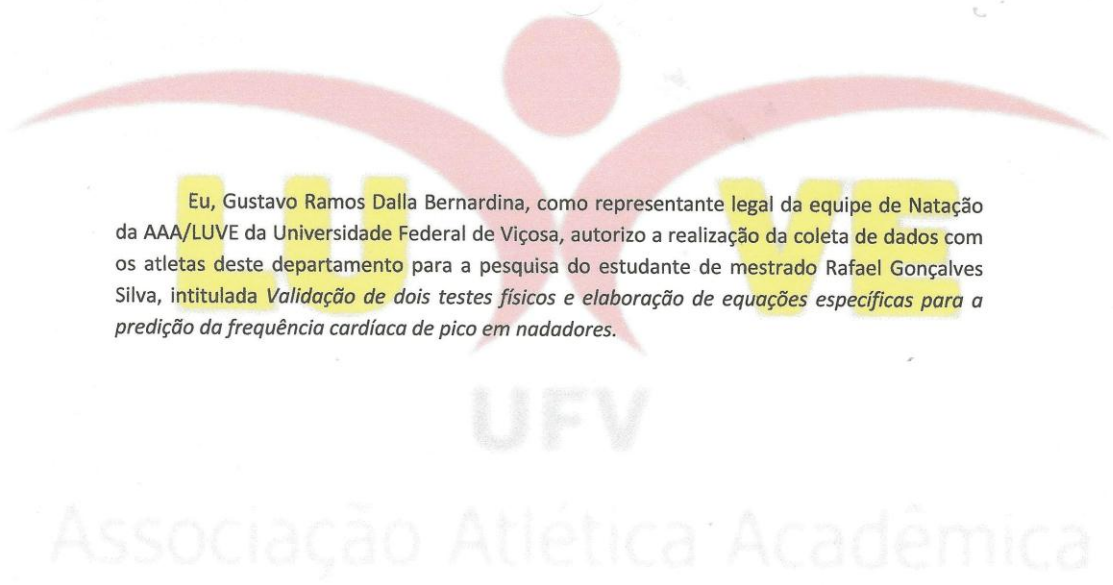
Eu, **Paulo Augusto Prado da Silva**, como representante legal do **Departamento de Esportes Aquáticos do Sport Club Corinthians Paulista**, autorizo a realização da coleta de dados com os atletas deste departamento para a pesquisa do estudante de mestrado Rafael Gonçalves Silva intitulada a avaliação de dois testes físicos e elaboração de equações específicas para a predição da frequência cardíaca de pico em nadadores.

**Paulo Augusto Prado da Silva**  
CREF – 055603-G/SP  
Técnico – Equipe Juvenil  
Corinthians/ ABDEM

**Sport Club Corinthians Paulista**

Rua São Jorge, 777 • Tatuapé • CEP 03087-000 • São Paulo • SP • Brasil

Viçosa, 16 de julho de 2012



Eu, Gustavo Ramos Dalla Bernardina, como representante legal da equipe de Natação da AAA/LUVE da Universidade Federal de Viçosa, autorizo a realização da coleta de dados com os atletas deste departamento para a pesquisa do estudante de mestrado Rafael Gonçalves Silva, intitulada *Validação de dois testes físicos e elaboração de equações específicas para a predição da frequência cardíaca de pico em nadadores.*

Gustavo R. D. Bernardina

Gustavo Ramos Dalla Bernardina

Técnico da equipe de natação da AAA/LUVE - UFV