



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU**  
**FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS - FAEFID**

Fábio Antônio Damasceno Marques

FREQUÊNCIA CARDIACA MÁXIMA E SUA RECUPERAÇÃO

Juiz de Fora – MG

2011

Fábio Antônio Damasceno Marques

## FREQUÊNCIA CARDIACA MÁXIMA E SUA RECUPERAÇÃO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Biodinâmica do Movimento Humano

Orientador: Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima

Juiz de Fora

2011

## Ficha Catalográfica

Marques, Fábio Antônio Damasceno.

Freqüência cardíaca máxima e sua recuperação / Fábio Antônio Damasceno Marques. – 2011.  
50 f.

Dissertação (Mestrado em Educação Física)—Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011.

1. Educação física. 2. Freqüência cardíaca. I. Título.

CDU 796.4

**Fábio Antônio Damasceno Marques**

**Frequência cardíaca máxima e sua recuperação**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Biodinâmica do Movimento Humano

**Aprovada em:**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Tony Meireles dos Santos**

**Universidade Gama Filho - RJ**

---

**Prof. Dr. Mateus Camaroti Laterza**

**Universidade Federal de Juiz de Fora**

---

**Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima (Orientador)**

**Universidade Federal de Juiz de Fora**

*À minha família e minha noiva pela força e dedicação.  
Aos professores e alunos que caminharam comigo durante os estudos.  
Em especial ao Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima pela simplicidade e  
alegria em ensinar.*

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

*Ao meu orientador Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima que além de ser um dos principais responsáveis por todo esse trabalho me ensinou o mais difícil: Ser simples!!!*

*Aos pais, Antônio de Amaral Marques e Adelita Damasceno Marques, pela oportunidade de estudar e pela base educacional e moral de toda a vida.*

*A minha avó, que é um exemplo constante de como é bonito superar situações adversas sempre com um sorriso no rosto.*

*Aos irmãos, Vinícius e Aurélio, pela amizade, convivência e por sempre estarem ao meu lado nos momentos de prazer, felicidade e também de tristeza.*

*A minha noiva Bárbara pela força e paciência nos momentos difíceis da minha vida além do amor incondicional sempre presente em nossa relação.*

*Ao meu irmão de coração, Professor André de Assis Lauria, que desde a graduação anda ao meu lado como amigo, irmão e orientador.*

*Aos meus familiares que sempre contribuíram para o meu crescimento pessoal e que sempre estão em uma torcida positiva para o meu sucesso.*

*Aos meus amigos Leonardo Santiago, Alexandre Gonzáles, Victor Rezende, Fábio Caliaro que durante toda essa caminhada, em algum momento compartilharam comigo a angústia do processo.*

*A todos meus estagiários e alunos que contribuíram ao longo desses anos na contínua busca pela atualização dos conhecimentos.*

*Aos estimados voluntários que fizeram dessa pesquisa realidade, meu afeto e eterna gratidão.*

*A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meus mais sinceros agradecimentos.*

*Muito obrigado!*

## RESUMO

Desde o estudo de Robinson, publicado em 1938, em que se utilizou a idade como variável independente, não se conhece outra variável que possa melhorar a predição da frequência cardíaca máxima ( $FC_{MAX}$ ). Recentemente, tem se estudado a FC de recuperação ( $FC_{REC}$ ) após exercício máximo, que tem sido apontada como preditora de mortalidade. Para melhor entender a  $FC_{MAX}$  e a  $FC_{REC}$  após teste máximo, o presente estudo teve como objetivos: 1) Identificar se a  $FC_{MAX}$  é influenciada pela variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em repouso, 2) Verificar se a  $FC_{REC}$  avaliada por meio de deltas é influenciada pela  $FC_{MAX}$ ; 3) Sugerir um modelo de avaliação da  $FC_{REC}$  relativizado pelos valores de  $FC_{MAX}$ . e 4) Propor uma equação que descreva a cinética de recuperação da  $FC_{MAX}$  em indivíduos jovens e de meia idade saudáveis. Para alcançar os objetivos propostos, foram realizados dois estudos. Estudo 1 - foram avaliados 63 indivíduos (21 mulheres e 42 homens) de 20 a 30 anos. Foi avaliada a FC e VFC em repouso na posição sentada. Em seguida, os indivíduos realizaram um teste cardiopulmonar máximo em esteira (Protocolo de Bruce). Os indivíduos foram divididos, sexo e pela mediana da  $FC_{MAX}$ , em grupo de alta e baixa  $FC_{MAX}$ . Os índices de VFC de repouso dos dois grupos foram comparados por teste "t" de Student para grupos independentes ( $p < 0,05$ ). Apenas a banda de baixa frequência (LF) nas mulheres se mostrou significativamente diferente entre os grupos. Conclui-se que maiores valores de LF nas mulheres em repouso estão associadas à  $FC_{MAX}$  mais elevadas. Estudo 2 - foram avaliados 77 indivíduos (24 mulheres e 53 homens) de 18 a 50 anos. Após o teste máximo de Bruce, foi coletada a FC durante 300s após o fim do teste. Foi feita correlação da  $FC_{REC}$  em valores absolutos, deltas e percentuais nos tempos 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240 e 300 s com a  $FC_{MAX}$  atingida no teste. O grupo também foi dividido em grupo de alta e baixa  $FC_{MAX}$  pelo valor da mediana do grupo total. As diferenças entre as médias dos grupos foram testadas pelo teste "t" de Student para grupos independentes ( $p < 0,05$ ). Observou-se que os valores absolutos de  $FC_{REC}$  se correlacionam com a  $FC_{MAX}$ , não sendo assim a melhor estratégia para classificação dessa recuperação. Os deltas de  $FC_{REC}$ , na fase rápida (10 a 60 s), não mostraram correlação com a  $FC_{MAX}$ . Já, na fase lenta (60 a 300 s), foi evidenciada correlação com a  $FC_{MAX}$ . A utilização de valores percentuais da  $FC_{MAX}$  se mostrou a única



estratégia em que em nenhum momento da  $FC_{REC}$  apresentou correlação com a  $FC_{MAX}$ . Construíram-se equações de regressão, uma para cada fase da  $FC_{REC}$ , para indicar os valores médios de recuperação.

**Palavras-chave:** Frequência Cardíaca, Controle autonômico, Recuperação.

## ABSTRACT

Since Robinson's study, published in 1938, which used age as an independent variable, do not know any other variable that can improve the prediction of maximal heart rate ( $HR_{MAX}$ ). Recently it has been studied HR recovery (HRR) after maximal exercise, which has been identified as a predictor of mortality. To better understand  $HR_{MAX}$  and HRR after maximal test, this study aimed to: 1) Identify if the maximum heart rate is influenced by heart rate variability (HRV) at rest 2) Suggest an assessment model FC<sub>REC</sub> relativized by the values of  $HR_{MAX}$  3) Test the strategy of the calculation of deltas for the times of 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240 and 300 s of recovery, and 4) Propose a strategy for calculating the FC<sub>REC</sub> by the percentage of recovery, as well as create an equation for predicting % FC<sub>REC</sub>. To achieve the proposed objectives, two studies were performed. Study 1 - 63 subjects were evaluated (21 women and 42 men) from 20 to 30 years. We evaluated the HR and your variability (HRV) at rest in a sitting position. Then, subjects performed a maximal cardiopulmonary exercise testing on treadmill (Bruce Protocol). The subjects were divided by gender and the median of  $HR_{MAX}$  in group high low  $HR_{MAX}$ . The indices of (HRV) at rest in both groups were compared by "t" test of Student for independent groups ( $p < 0.05$ ). Only the low frequency band (LF) was significantly different between groups. We conclude that higher values of LF at rest are associated with higher  $HR_{MAX}$ . Study 2 - 77 individuals were assessed (24 women and 53 men) from 18 to 50 years. After Bruce protocol, FC was collected for 300s after the test. Correlation of the FC<sub>REC</sub> in absolute values, deltas and percentages at 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240 and 300 s with the  $HR_{MAX}$  reached in the test. The group was also divided into groups and high and low  $HR_{MAX}$  the median value of total group. The differences between group means were tested by "t" test for independent groups ( $p < 0.05$ ). It was observed that the absolute values of FC<sub>REC</sub> are correlated with  $HR_{MAX}$  and thus not the best strategy for classification of that recovery. The deltas of FC<sub>REC</sub>, the fast phase (10-60 s) showed no correlation with the  $HR_{MAX}$ . Already, in the slow phase (60 to 300 s) there was significant correlation with the  $HR_{MAX}$ . The use of percentages of  $HR_{MAX}$  proved to be the only strategy that at no time was correlated with the  $HR_{MAX}$ . We constructed regression equations, one for each phase of the FC<sub>REC</sub>, to indicate the average values of recovery.

**Keywords:** Heart Rate, Autonomic control, Recovery.

## LISTA DE TABELAS

### ESTUDO 1

<b>Tabela 1</b> – Medidas antropométricas, valores FC, nível de aptidão aeróbia e atividade física por sexo (Média ± desvio padrão)	24
<b>Tabela 2</b> - Freqüência cardíaca repouso e variabilidade da freqüência cardíaca em repouso no domínio do tempo e da freqüência dos avaliados	25
<b>Tabela 3</b> - Correlações entre os índices de VFC em repouso e a FC <sub>MAX</sub>	26
<b>Tabela 4</b> – Índices da VFC em repouso, masculino	27
<b>Tabela 5</b> - Índices da VFC em repouso, feminino	27

### ESTUDO 2

<b>Tabela 1</b> – Características antropométricas, valores FC, nível de aptidão aeróbia e atividade física (Média ± desvio padrão)	35
<b>Tabela 2</b> - Valores absolutos de FC de recuperação	35
<b>Tabela 3</b> - Valores absolutos de FC de recuperação por grupo	36
<b>Tabela 4</b> - Deltas de recuperação e correlação com FC <sub>MAX</sub>	36
<b>Tabela 5</b> – Deltas de FC por grupo	37
<b>Tabela 6</b> - Valores normalizados da FC <sub>REC</sub> por tempo de recuperação	38
<b>Tabela 7</b> – Valores normalizados de FC <sub>REC</sub> por grupo	38

## LISTA DE FIGURAS

### ESTUDO 1

Figura 1- Análise de variância por sexo e grupo de FC <sub>MAX</sub> alta e baixa	28
---	----

### ESTUDO 2

<b>Figura 1</b> – Percentual da FC <sub>MAX</sub> por tempo de recuperação. 0 a 60 s no painel superior e 60 a 300 s no painel inferior	39
---	----

## SUMÁRIO

<b>1 CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	13
1.1 <b>Frequência Cardíaca Máxima</b> .....	13
1.2 <b>Recuperação da Frequência Cardíaca</b> .....	15
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	17
2.1 <b>Estudo 1</b> .....	178
2.2 <b>Estudo 2</b> .....	178
<b>3 ESTUDO 1</b> .....	18
3.1 <b>Introdução</b> .....	18
3.2 <b>Método</b> .....	19
3.2.1 <i>Sujeitos</i> .....	19
3.2.2 <i>Procedimento experimental</i> .....	20
3.2.3 <i>Tratamento estatístico</i> .....	22
3.3 <b>Resultados</b> .....	234
3.4 <b>Discussão</b> .....	278
3.4.1 <i>Aplicações Práticas</i> .....	30
3.5 <b>Conclusão</b> .....	30
<b>4 ESTUDO 2</b> .....	31
4.1 <b>Introdução</b> .....	31
4.2 <b>Método</b> .....	32
4.2.1 <i>Sujeitos</i> .....	32
4.2.2 <i>Procedimento experimental</i> .....	323
4.2.3 <i>Tratamento estatístico</i> .....	334
4.3 <b>Resultados</b> .....	335
4.4 <b>Discussão</b> .....	389
4.4.1 <i>Recuperação da FC em valores absolutos</i> .....	40
4.4.2 <i>Recuperação da FC em deltas</i> .....	40
4.4.3 <i>Recuperação pelo percentual da FC<sub>MAX</sub></i> .....	4041
4.4.4 <i>Limitações do estudo</i> .....	41
4.4.5 <i>Aplicações práticas</i> .....	41
4.5 <b>Conclusão</b> .....	42
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	42
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	423
<b>APENDICE</b> .....	50
<b>ANEXOS</b> .....	52

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

### Frequência Cardíaca Máxima

A frequência cardíaca máxima ( $FC_{MAX}$ ) é o valor mais elevado da frequência cardíaca (FC) que se pode atingir num esforço máximo até a exaustão, sendo esse valor de alta (conceituar durante exercício) confiabilidade, sofrendo alterações discretas a cada ano de vida (WILMORE; COSTILL, 2001). Sua predição vem sendo estudada desde 1938, quando Sid Robinson (ROBERGS; LANDWEHR, 2001), investigou sua relação com a idade. Apartir de então, varias outras variáveis foram estudadas para melhor predizer a  $FC_{MAX}$ , como por exemplo: sexo (SHEFFIELD, 1978), nível de treinamento (TANAKA, 2001), condições ambientais (LÓPEZ; GALÁN; PÉREZ, 2000), ritmo circadiano (AFONSO, 2006; REILLY, 1990) e tipo de ergometro utilizado para o teste (ARAÚJO et al, 1980).

Segundo Londeree et al (1982), apesar de existir um consenso que idade é um fator primário que influencia  $FC_{MAX}$ , geralmente é reconhecido que individualmente esse fator preditor não seria muito preciso na estimativa da  $FC_{MAX}$ . Em estudo longitudinal de Astrand et al. (1997), após 21 anos, as mulheres avaliadas tiveram uma redução de 14 bpm da  $FC_{MAX}$ , passando de  $196 \pm 8,1$  para  $182.3 \pm 10,2$  bpm e os homens uma queda de aproximadamente 8 bpm, passando de uma média de  $190,4 \pm 8,9$  para  $181,5 \pm 7,22$  bpm. No mesmo estudo, as mulheres que foram monitoradas por mais 33 anos apresentaram uma  $FC_{MAX}$  de  $177 \pm 9,1$  bpm, enquanto os homens  $174,8 \pm 11,2$  bpm. Estas evidências vêm reforçar que com o avançar da idade ocorre um pronunciamento diferente da resposta da  $FC_{MAX}$ , não sendo a idade o único fator a influenciar essa queda.

A equação mais utilizada para a predição da  $FC_{MAX}$  é a  $220 - \text{idade}$  (ARAUJO et al, 1980; MILLER, WALLACE, EGGERT, 1993; ROBERGS, LANDWEHR, 2001; WHALEY et al. 1992, FRANCKOWIAK et al. 2011). Essa equação tem servido para identificar intensidades de exercícios, como também para determinar pontos para finalização de testes submáximos (WHALEY et al. 1992). No entanto, estudos mostram que o erro em relação à  $FC_{MAX}$  média em sujeitos saudáveis é de aproximadamente  $\pm 12$  bpm, ou seja, os valores individuais e fatores relacionados variam consideravelmente (JOHNSON, PRINS 1992; ROBERGS, LANDWEHR, 2001). Robergs e Landwehr (2002), em um extenso levantamento de fórmulas de predição com modelos univariáveis e multivariáveis destacam a possibilidade da criação de um modelo matemático que tivesse um erro de predição menor que  $\pm 3$  bpm.

Apartir dessa variação considerável, o estudo de variáveis que possam ser somadas a idade para gerar um melhor modelo de predição da  $FC_{MAX}$  se faz necessário. Tentativas de compreender como o controle autonômico se comporta em intensidades máximas de esforço tem sido verificadas (Almeida, 2005). Para análise do controle autonômico é utilizada a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) como um instrumento não-invasivo e capaz de avaliar a interação das alças simpato-vagal do sistema nervoso autônomo (SNA) sobre o nódulo sinoatrial (NSA) em várias condições fisiológicas, incluindo as condições de repouso e exercício máximo (TULPPO et al. 1998; TASK FORCE, 1996; HEDELIN et al. 2001). A redução da VFC está associada com desequilíbrios autonômicos, caracterizados por aumento da atividade simpática e redução da vagal (TASK FORCE, 1996).

No estudo de Almeida (2005), os autores partiram da premissa de que com a progressiva retirada vagal a medida que a intensidade do esforço aumenta, seria

esperado que no pico do exercício houvesse uma completa retirada vagal, o que caracterizaria um exercício verdadeiramente máximo.

Pensando então que fisiologicamente o controle autonômico é modificado em situações diferentes de exercício, seria interessante entender como a  $FC_{MAX}$  pode ser influenciada pela variabilidade da frequência cardíaca (VFC) mensurada em repouso.

### **Recuperação da Frequência Cardíaca**

A recuperação da frequência cardíaca ( $FC_{REC}$ ) é caracterizada pela queda da FC que começa imediatamente após a interrupção do exercício até que a mesma retorne aos seus valores de base pré-exercício (DINKPA, 2009). A  $FC_{REC}$  se divide em duas fases: 1) Fase rápida da recuperação, que é identificada pela diferença entre a  $FC_{MAX}$  e a FC 60 s após o fim do exercício. Nesta fase, a retirada da atividade da alça simpática do sistema nervoso autonômico tem pouca influência na cinética da recuperação, sendo então a reativação parassimpática o principal influenciador desse momento (BUCHHEIT, 2007; IMAI, 1994; KANNANKERIL, 2004) e 2) A fase lenta da recuperação, que começa aos 60 e se estende até 300 s. É influenciada pela carga de trabalho (BUCHHEIT, 2007; IMAI, 1994; PERINI, 1989), e está associada à retirada gradual da atividade simpática e à remoção de metabólitos (BUCHHEIT, 2007).

O delta dado pela recuperação da FC tem sido utilizado como um preditor independente de mortalidade por evento cardiovascular e outras causas em homens saudáveis (COLE et al., 1999; NISHIME et al., 2001) e também naqueles com doença cardiovascular (WATANABE et al. 2001; PITSAVOS et al. 2004) e diabéticos (CHENG et al, 2003). É comumente utilizada como indicadora de condicionamento

cardiovascular (SHETLER et al. 2001) e como um preditor independente de disfunção endotelial (HUANG et al. 2004) e autonômica (BRINKWORTH et al. 2006).

O controle autonômico não é o único fator responsável pela  $FC_{REC}$ , intensidade do exercício, sensibilidade do barorreflexo (DU et al. 2005), potência aeróbia (DARR et al. 1988; DU et al. 2005), concentrações de norepinefrina pós-exercício (ALMEIDA et al. 2003)  $FC$  repouso (MAHON et al. 2003) e idade (DINKPA; IBHAZEHIEBO, 2009) também podem influenciar a  $FC_{REC}$ .

Cinéticas diferentes da  $FC_{rec}$  foram observadas em amostras distintas da população. Indivíduos mais idosos tendem a apresentar uma  $FC_{REC}$  mais lenta (BYRNE, 1996; DARR, 1988 e KUO ET AL, 1999), assim como portadores de aterosclerose (JAE, 2006), obesos (CHRISTOU, 2004) e cardiopatas (IMAI, 1994). Pouco se sabe como se comporta a cinética da  $FC_{REC}$  em sujeitos jovens e de meia idade não existindo ainda uma curva padrão para a cinética de recuperação nesses sujeitos.

Para avaliar essa recuperação, a literatura tem apresentado valores absolutos em batimentos por minuto em deltas de tempo. Deltas diferentes tem sido utilizados: 1min (COLE 1999, RICARDO 2005, SHETLER 2001, DINKPA 2009), 2min (COLE 2000, SHETLER 2001), 3min (SHETLER 2001, DINKPA 2009) e 5min (SHETLER 2001).

O fato de a literatura descrever os valores de  $FC_{REC}$  em deltas pode não expressar realmente se a mesma é adequada ou não para diferentes parcelas da população, uma vez que o valor absoluto de  $FC$  em bpm pode representar um percentual de recuperação diferente entre sujeitos com valores de  $FC_{MAX}$  diferentes. Esta diferença poderia ser equilibrada caso uma estratégia baseada na relativização dos valores de  $FC_{REC}$  em relação a  $FC_{MAX}$  fosse utilizada, permitindo assim que



sujeitos com diferentes perfis de  $FC_{MAX}$  fossem correlacionados em estudos futuros.

## OBJETIVOS

### Estudo 1

- - Identificar se a VFC em repouso interfere nos valores de  $FC_{MAX}$ .

### Estudo 2

- Verificar se a  $FC_{REC}$  avaliada por meio de deltas é influenciada pela  $FC_{MAX}$ .
- Sugerir um modelo de avaliação da  $FC_{REC}$  relativizado pelos valores de  $FC_{MAX}$ .
- Propor uma equação que descreva a cinética de recuperação da  $FC_{MAX}$  em indivíduos jovens e de meia idade saudáveis.

### **3 ESTUDO 1: ATIVIDADE SIMPÁTICA DE REPOUSO INFLUENCIA A FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA ?**

#### **INTRODUÇÃO**

A frequência cardíaca máxima ( $FC_{MAX}$ ) é a frequência cardíaca (FC) que não pode ser superada pelo aumento da intensidade do exercício nem pelas adaptações ao treinamento (ROBERGS; LANDWEHER, 2002). Para identificar a  $FC_{MAX}$  de um indivíduo deve-se submetê-lo a exercício físico de intensidade máxima, o que provoca desconforto e pode, eventualmente, trazer riscos à sua saúde. Em vista disto, tem-se investido em métodos de predição da  $FC_{MAX}$  desde o estudo de Robinson, publicado em 1938, em que se utilizou a idade como variável independente. Atualmente, as equações de predição da  $FC_{MAX}$  ainda apresentam grande erro de estimativa, variando de 6,4 a 22 bpm (ROBERGS, LANDWEHER 2002). Na busca de melhorar a predição da  $FC_{MAX}$ , muitos estudos têm utilizado variáveis como sexo (SHEFFIELD, 1978), nível de condicionamento (TANAKA, 2001), condições ambientais (LÓPEZ, GALÁN, PÉREZ, 2000), ritmo circadiano (AFONSO, 2006; REILLY, 1990) e tipo de ergometro utilizado para o teste (ARAÚJO et al. 1980).

O controle autonômico durante o exercício físico tem sido amplamente estudado por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (FRONCHETTI, 2006; NAKAMURA, 2005; RUMENIG, 2007; LEWIS et al. 2007; PERANDINI et al. 2009). Sabe-se que a elevação da FC durante o exercício se deve, em intensidades mais baixas, à progressiva retirada vagal com conseqüente redução da VFC. Exercícios em altas intensidades são realizados com aumento da estimulação

simpática (LIMA, KISS 1999). A progressiva retirada vagal e a maior descarga adrenérgica associada ao aumento da intensidade do exercício físico (ARAI et al. 1989) fazem com que, durante o esforço máximo, seja esperada a retirada vagal completa (ALMEIDA, 2005). Entretanto, ALMEIDA et al. (2005) observaram que alguns indivíduos, paradoxalmente, não apresentavam retirada vagal completa em exercício de intensidade máxima. Neste estudo, demonstrou-se que os indivíduos que apresentavam maior atividade vagal em repouso (vagitônicos), apresentavam resíduo de atividade vagal, identificada por índices de VFC, no pico do exercício.

Apesar da observação citada acima, onde indivíduos com características de controle autonômico diferentes em repouso tinham comportamentos diferentes da VFC no pico do exercício, não se sabe como a  $FC_{Max}$  pode ser influenciada pelos fatores associados a este controle em repouso.

Pensando em melhor entender tal relação, o presente estudo tem como objetivo identificar se existe correlação entre as variáveis do controle autonômico em repouso expressa pela VFC no domínio do tempo e da frequência, com a  $FC_{MAX}$ . Os resultados do estudo podem contribuir para melhorar as ferramentas já existentes de predição da  $FC_{MAX}$ . DESCRIVER MELHOR A HIPÓTESE

## **MÉTODO**

### **Sujeitos**

Foram recrutados sujeitos etariamente homogêneos (idade entre 20 e 30 anos) de homens (42) e mulheres (21). Seriam excluídos da amostra indivíduos que respondessem positivo para qualquer pergunta do questionário PAR-Q (HEYWARD, 1998), realizassem treinamento sistematizado mais de três vezes por semana e/ou participassem de provas competitivas, fumantes ou que fizessem uso de substância

que modificasse o comportamento cardíaco. Todos os voluntários foram orientados a não realizar atividades físicas vigorosas 24 horas antes da realização dos testes, bem como não ingerir bebidas cafeinadas. Todos os procedimentos experimentais foram realizados com uma única visita do sujeito ao laboratório, sendo que os indivíduos foram avaliados em horários diferentes sempre pelos mesmo dois avaliadores. A temperatura ambiente permaneceu entre 24 e 26 graus Celsius durante todos os procedimentos abaixo descritos. Todos os voluntários foram orientados a respeito de sua participação no estudo e, após concordarem em participar, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFJF sob o parecer de número 171/2008.

### **Procedimento experimental**

Nível de atividade física: Após responderem ao questionário PAR-Q aplicava-se o questionário de Baecke e Burema (1982) para determinação do nível de atividade física. O instrumento leva em consideração o somatório dos escores de atividade física realizado no trabalho, no lazer e nas atividades esportivas, sendo quanto maior esse somatório maior o nível de atividade física praticado por cada avaliado. A aplicação de tal instrumento tinha como objetivo caracterizar a amostra quanto ao perfil de prática de atividade física.

Variáveis Antropométricas: Para caracterização da amostra, foi feita avaliação antropométrica que constava das seguintes medidas: peso corporal, estatura, com a utilização da balança Filizola e estadiômetro Cardiomed utilizando o padrão ISAK e dobras cutâneas para estimativa da composição corporal com a utilização do compasso de dobras cutâneas (Lange) e do protocolo de 3 dobras Jackson e Pollock (1978), sendo a densidade corporal calculada pela equação de Siri (1961).

Registro da FC em repouso: A frequência cardíaca de repouso foi coletada na posição sentada, durante 10 minutos (LAURIA et al. 2010) com a utilização do cardiofrequencímetro Polar, modelo S810i. Os dados foram transferidos para computador por meio de interface e software fornecidos pela Polar.

Teste Cardiopulmonar máximo: Após o registro da FC em repouso, foi realizado o teste progressivo máximo, de acordo com o protocolo de Bruce para esteira. Os sujeitos receberam estímulos verbais para realização de esforço máximo. Ao final de cada estágio, após o registro de FC, o avaliado identificava sua percepção de esforço na escala de Borg (6-20) (HEYWARD, 1998). O teste era considerado máximo quando era atingida percepção do esforço igual ou maior que 18 e 95% da  $FC_{MAX}$  estimada pela fórmula  $207-0,7(\text{idade})$  proposta por Tanaka (2001).

Análise da FC e VFC em repouso: Para os cálculos da FC e VFC foram analisados os últimos 5 min do período de repouso, quando as variáveis já se encontram estabilizadas (TASK FORCE, 1996; AGELINK, 2001). Os dados registrados no cardiofrequencímetro foram transferidos para o computador por meio de interface com dispositivo infra-vermelho. Os iNN (intervalos entre as ondas R originados da despolarização sinusal) foram processados pelo Software Kubios HRV versão 2.0 que permite filtragem dos dados pelo método baseado em interpolação, seguida de correção dos artefatos identificados, optou-se pela utilização do filtro de correção médio e análise visual dos dados para detecção de erros. Índices lineares de VFC foram calculados de acordo com as recomendações propostas pelo Task Force (1996). No domínio do tempo, foram utilizados os seguintes índices: RMSSD (Raiz quadrada da média da diferença entre iNN consecutivos), pNN50 (Porcentagem dos iNN nos quais as diferenças sucessivas entre eles são maiores

do que 50 ms). O RMSSD e pNN50 que refletem as oscilações em altas frequências, (detalhar mais sobre o funcionamento de cada variável) relacionadas à atuação vagal. Para a análise espectral, foi construído o espectro de potência do sinal de FC, por meio de algoritmo não-paramétrico baseado na transformada rápida de Fourier, após remoção de tendência (smooth prior) e reamostragem dos dados a 4 Hz usando splines cúbicas (TARVAINEN, RANTA-AHO, KARJALAINEN, 2002). A partir do espectro de potência, foram calculados: o componente de baixa frequência em valores absolutos (LF; 0,04-0,15 Hz) e normalizados relacionados aos mecanismos barorreflexos e indicador de predomínio simpático; o componente de alta frequência em valores absolutos (HF; 0,15-0,40 Hz) e normalizados, relacionados à atividade vagal e a razão LF/HF, que caracteriza o balanço simpato-vagal (TASK FORCE, 1996).

Análise não linear: Índices não lineares de VFC foram calculados de acordo com as recomendações propostas pelo guia do Kubios HRV, versão 2.0 e de acordo com o estudo de Tulppo et al. (2001). A entropia (ApEn) é uma medida que quantifica a regularidade ou previsibilidade em dados de séries temporais. Baixos valores ApEn indicam uma maior regularidade (menos complexo) do sinal, maior valores indicam maior irregularidade (maior complexidade). A SampEn é similar a ApEn, porém introduz correções nos cálculos, com o objetivo de reduzir possíveis tendências dos dados amostrais.

### **Tratamento estatístico**

Os resultados foram apresentados como média e desvio padrão. Estes resultados foram avaliados entre homens e mulheres separadamente. A distribuição normal foi verificada e confirmada pelo teste Shapiro-Wilk. Foi feita correlação de Pearson entre a  $FC_{MAX}$  e as variáveis de controle autonômico em repouso. As

diferenças entre os grupos foram testadas pelo teste “t” de Student para grupos independentes, onde foi adotado nível de significância  $p \leq 0,05$ . Para a divisão dos indivíduos em grupo alta  $FC_{MAX}$  (Alta  $FC_{MAX}$ ) e grupo baixa  $FC_{MAX}$  (Baixa  $FC_{MAX}$ ), foi adotado o parâmetro de divisão pela mediana da  $FC_{MAX}$  do grupo.

## RESULTADOS

Foram avaliados 63 indivíduos (21 mulheres e 42 homens) de 20 a 30 anos. A Tabela 1 apresenta as características dos sujeitos. Na Tabela 2, estão demonstrados os valores referentes às variáveis do controle autonômico em repouso. Nas duas tabelas foi feita uma diferenciação por sexo. Melhor descrever itens relacionados a atividade física

Tabela 1 – Caracterização geral separada por sexo (media  $\pm$  desvio padrão)

Variáveis	Feminino	Masculino	P
Idade (anos)	24,6 $\pm$ 3,3	24,5 $\pm$ 2,9	0,931
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	21,2 $\pm$ 1,9	24,9 $\pm$ 2,5	0,000
% gordura	22,9 $\pm$ 5,7	12,7 $\pm$ 5,1	0,000
Nível de atividade física	8,1 $\pm$ 1,5	8,6 $\pm$ 1,1	0,112
$FC_{REP}$ (bpm)	65,5 $\pm$ 7,9	59,8 $\pm$ 9,7	0,023
Bruce (min)	10,6 $\pm$ 1,1	14,3 $\pm$ 1,5	0,000
$FC_{MAX}$ (bpm)	190,3 $\pm$ 8,3	196,6 $\pm$ 7,6	0,003

\* $p < 0,05$

**Tabela 2** – Caracterização das variáveis de controle autonômico separadas por sexo (media  $\pm$  desvio padrão)

Variáveis	Feminino	Masculino	P
FC <sub>REP</sub> (bpm)	65,5 $\pm$ 7,9	59,8 $\pm$ 9,7	0,02
STD RR (ms)	54,4 $\pm$ 20,0	58,9 $\pm$ 19,9	0,40
RMSSD (ms)	47,4 $\pm$ 24,0	49,9 $\pm$ 22,8	0,67
pNN50 (%)	24,5 $\pm$ 18,3	25,4 $\pm$ 18,1	0,85
LF (Hz)	0,098 $\pm$ 0,0	0,092 $\pm$ 0,0	0,44
HF (Hz)	0,21 $\pm$ 0,0	0,19 $\pm$ 0,0	0,31
LF (ms <sup>2</sup> )	1685,9 $\pm$ 1103,9	2341,4 $\pm$ 1658,7	0,10
HF (ms <sup>2</sup> )	1101,7 $\pm$ 866,0	1174,7 $\pm$ 1316,7	0,81
LF (%)	57,9 $\pm$ 17,7	65,8 $\pm$ 16,1	0,08
HF (%)	34,7 $\pm$ 16,1	27,2 $\pm$ 13,8	0,05
LF (nu)	62,2 $\pm$ 17,6	70,6 $\pm$ 14,4	0,04
HF (nu)	37,7 $\pm$ 17,6	29,4 $\pm$ 14,4	0,04
LF/HF	2,4 $\pm$ 1,9	3,2 $\pm$ 2,0	0,11
SD1 (ms)	33,7 $\pm$ 17,0	37,1 $\pm$ 18,3	0,48
SD2 (ms)	90,2 $\pm$ 32,8	95,3 $\pm$ 30,3	0,53
Approximate entropy	1,1 $\pm$ 0,0	1,1 $\pm$ 0,0	0,26

\* Diferença significativa ( $p > 0,05$ ).

Após ser feita a caracterização geral da amostra separada por sexo, os indivíduos tiveram correlacionados os dados de FC<sub>MAX</sub>, com as variáveis que refletem o controle autonômico em repouso.



**Tabela 3** - Correlações entre os índices de VFC em repouso e a  $FC_{MAX}$

Índices de VFC	$FC_{MAX MASC}$	$FC_{MAX FEM}$
FCrep (bpm)	0,19	0,24
Mean RR (ms)	-0,39*	-0,46*
STD RR (ms)	-0,08	-0,22
RMSSD (ms)	-0,15	-0,31
pNN50 (%)	-0,21	-0,21
LF (Hz)	0,20	0,44
HF (Hz)	0,08	0,00
LF (ms <sup>2</sup> )	0,06	-0,19
HF (ms <sup>2</sup> )	-0,25	0,18
LF (%)	0,23	-0,04
HF (%)	-0,17	0,21
LF (nu)	0,21	-0,11
HF (nu)	-0,21	0,11
LF/HF	0,02	0,14
SD1 (ms)	-0,14	-0,31
SD2 (ms)	-0,03	-0,23
Approximate entropy	-0,13	-0,19

\* Correlação significativa ( $p > 0,05$ ).

Os sujeitos foram divididos em Grupo Alta  $FC_{MAX}$  e Grupo Baixa  $FC_{MAX}$  e por sexo. As médias das variáveis em repouso foram comparadas pelo teste “t” de Student.

**Tabela 4 – Índices da VFC em repouso por grupo masculino**

Variáveis	Grupo		P
	Alta FC <sub>MAX</sub>	Baixa FC <sub>MAX</sub>	
FC <sub>REP</sub> (bpm)	62,5	56,8	0,056
STD RR (ms)	56,38	61,72	0,391
RMSSD (ms)	45,32	54,81	0,185
pNN50 (%)	21,90	29,25	0,191
LF (Hz)	0,09	0,08	0,149
HF (Hz)	0,20	0,19	0,544
LF (ms <sup>2</sup> )	2159,31	2541,84	0,462
HF (ms <sup>2</sup> )	1090,91	1266,92	0,670
LF (%)	68,30	63,07	0,297
HF (%)	27,33	26,97	0,935
LF (nu)	71,51	69,63	0,678
HF (nu)	28,48	30,36	0,678
LF/HF	3,12	3,40	0,660
SD1 (ms)	35,26	39,07	0,506
SD2 (ms)	93,73	97,13	0,721
Approximate entropy	1,08	1,09	0,428

Os dados da VFC durante o repouso para os homens não se mostrou diferente entre os grupos de Alta e Baixa FC<sub>MAX</sub>. Apenas a banda de baixa frequência apresentou diferença significativa entre os dois grupos para o sexo feminino sendo maior no Grupo Alta FC<sub>MAX</sub>.

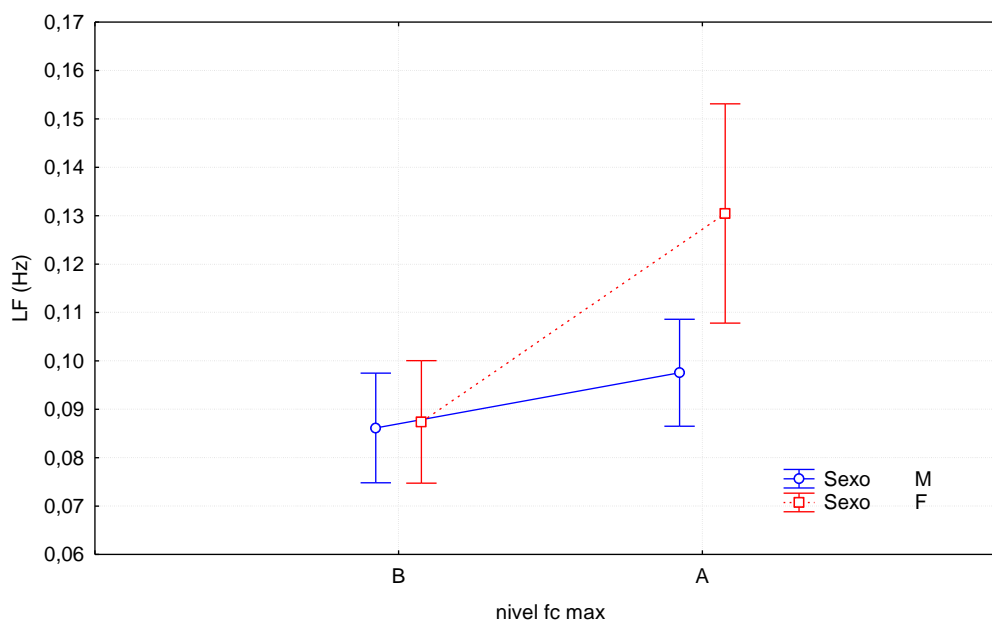
**Tabela 5 – Índices da VFC em repouso por grupo feminino**

Variáveis	Grupo		P
	Alta FC <sub>MAX</sub>	Baixa FC <sub>MAX</sub>	
FC <sub>REP</sub> (bpm)	68,0	64,7	0,437
STD RR (ms)	57,7	53,4	0,691
RMSSD (ms)	45,0	48,1	0,811
pNN50 (%)	24,5	24,5	0,997
LF (Hz)	0,1	0,1	0,004
HF (Hz)	0,2	0,2	0,356
LF (ms <sup>2</sup> )	1662,2	1693,3	0,957
HF (ms <sup>2</sup> )	1680,2	921,0	0,086
LF (%)	56,3	58,4	0,827
HF (%)	39,2	33,3	0,492
LF (nu)	58,7	63,3	0,621
HF (nu)	41,3	36,6	0,621
LF/HF	3,0	2,2	0,425
SD1 (ms)	32,1	34,3	0,812
SD2 (ms)	91,7	89,7	0,911
Approximate entropy	1,1	1,1	0,238

\* Diferença significativa (p>0,05).

Análise de variância por sexo e grupo de  $FC_{MAX}$  alta e baixa foi demonstrada pela figura 1, onde o componente da banda de baixa freqüência se mostra significativamente mais alto para o grupo com  $FC_{MAX}$  alta.

Figura 1- Análise de variância por sexo e grupo de  $FC_{MAX}$  alta e baixa



## DISCUSSÃO

Este estudo foi realizado com o objetivo de identificar se a  $FC_{MAX}$  é influenciada pelas variáveis de controle autonômico em repouso. Não se observou associação entre atividade vagal em repouso e  $FC_{MAX}$ . Entretanto, observou-se que indivíduos com maior atividade simpática em repouso apresentaram  $FC_{MAX}$  mais alta através dos valores mais altos da banda de baixa freqüência (LF Hz), no grupo feminino.

Almeida et al (2005) observaram que indivíduos mais vagotônicos não apresentavam completa retirada vagal no exercício máximo. A partir da premissa que a ativação vagal atua na modulação autonômica reduzindo a FC, hipotetizou-se que indivíduos com  $FC_{max}$  mais baixas teriam maior atividade vagal em repouso. Os

dados apresentados em nosso estudo (tabela 4 e 5) não dão suporte a essa proposição.

Foi possível observar que não houve diferença significativa da ativação vagal em repouso entre os grupos com  $FC_{MAX}$  Alta e Baixa. Os valores de LF (Hz) em repouso se mostraram significativamente mais alta para o grupo Alta  $FC_{MAX}$  em mulheres. Estudo de Aubert (2003) demonstrou haver interferência da atividade simpática no componente de baixa frequência, fator esse que permite inferir sobre a possibilidade da ativação simpática no repouso ter influenciado na diferença entre indivíduos com  $FC_{MAX}$  altas e Baixas.

O controle autonômico em cargas altas ainda é obscuro. Algumas hipóteses podem ser levantadas para explicar a manutenção da VFC no pico do esforço, o que influencia diretamente no comportamento da  $FC_{MAX}$ . Uma possível interpretação estaria relacionada às modificações hemodinâmicas intrínsecas em resposta à variabilidade da eficiência da retirada do cálcio do sarcoplasma da célula do miócito, ou seja, em resposta ao lusitropismo cardíaco (VITTONI et al. 1994 citado por Almeida 2005). Outra explicação estaria associada às teorias do comando central versus reflexo neural no controle da FC durante o exercício (MITCHELL, 1985) e subsequentes aos movimentos articulares e/ou às contrações musculares (ROWELL, 1990), gerando um erro de sinal a partir da estimulação dos metaborreceptores e quimiorreceptores periféricos e, assim, induzindo a novas alterações no controle da FC (ALMEIDA et al. 2005).

### **Limitações do Estudo**

Os dados encontrados no presente estudo não podem ser generalizados para qualquer tipo de amostra, uma vez que indivíduos super treinados, por exemplo, não fizeram parte da amostra.

Não foi utilizado no presente estudo nenhum tipo de bloqueio farmacológico para acompanhamento de interferência simpática no exercício, sendo assim, afirmações nesse sentido partem das premissas presentes na literatura.

### APLICAÇÕES PRÁTICAS

A partir dos resultados deste estudo, pode-se sugerir que, mesmo que a atividade simpática em repouso não tenha associação forte o suficiente para prever a  $FC_{MAX}$ , pode se esperar que indivíduos com maiores valores de LF em repouso tendam a apresentar valores de  $FC_{MAX}$  ligeiramente mais altos.

Isso pode contribuir para que modelos multivariáveis de predição da  $FC_{MAX}$  possam melhorar sua predição. Além disso, a partir do melhor entendimento dessas variáveis podem ser criados critérios para interrupção de testes máximos.

### CONCLUSÃO

Conclui-se que maiores valores de LF (Hz) em repouso estão associadas à  $FC_{MAX}$  mais elevadas para o sexo feminino.

## **ESTUDO 2: RECUPERAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA APÓS ESFORÇO MÁXIMO IDENTIFICADA POR DIFERENTES ESTRATÉGIAS**

### **INTRODUÇÃO**

A recuperação da frequência cardíaca após esforço máximo ( $FC_{REC}$ ) pode ser dividida em duas fases: a fase rápida, que ocorre imediatamente após a interrupção do exercício até, aproximadamente, 60 s. É, normalmente, identificada pelo delta 60 s ( $FC_{pico} - FC_{60s}$ ) (COLE et al, 1999) Esta fase é representada, principalmente pela reativação vagal (BUCHHEIT, 2007; IMAI, 1994; KANNANKERIL, 2004) e fase lenta, que sucede a primeira e se estende até 300 s. Esta fase está associada à retirada gradual da atividade simpática e à remoção de metabólitos (BUCHHEIT; 2007) e seja influenciada pela carga de trabalho e pelo nível de atividade física habitual (BUCHHEIT, 2007; IMAI, 1994; PERINI, 1989).

A utilização da  $FC_{REC}$  após teste de esforço tem sido amplamente utilizada em avaliação funcional (RICARDO, 2005; MARTINMAKI, 2008;). O clássico estudo de Cole et al (1999) foi um dos primeiros a utilizar a  $FC_{REC}$  como preditor de morbimortalidade. A partir de então, vários outros estudos usam índices que refletem a reativação vagal e o equilíbrio simpátovagal sobre o coração após esforço físico (GOLDBERGER et al. 2006; IMAI et al. 1994; Pierpont, Stolpman, Gornick 2000).

Cinéticas diferentes da  $FC_{REC}$  são observadas em amostras distintas da população. Em comparação com indivíduos jovens saudáveis, idosos tendem a apresentar  $FC_{REC}$  mais lenta (BYRNE, 1996; DARR, 1988; KUO et al. 1999), assim como portadores de aterosclerose (JAE, 2006), obesos (CHRISTOU, 2004) e cardiopatas (IMAI, 1994). Pouco se sabe sobre como se comporta a cinética da

$FC_{REC}$  em sujeitos jovens e de meia idade ao longo dos primeiros 300 s não existindo ainda uma curva padrão para a cinética de recuperação nesses sujeitos.

A relação entre a  $FC_{REC}$  em indivíduos com diferentes condições clínicas (RICARDO, 2005) tem sido estudada com a utilização de diversos índices, com destaque para o delta 60 s (COLE, 1999; SHETLER, 2001; RICARDO, 2005, DINKPA, 2009). Além destes, também são comumente utilizados deltas de 2 min (COLE 2000, SHETLER 2001), 3 min (SHETLER, 2001; DINKPA, 2009) e 5 min (SHETLER, 2001).

Entretanto, não se sabe a influência do valor de  $FC_{MAX}$  sobre o valor destes deltas pois expressar os dados em valores absolutos pode não refletir uma mesma recuperação entre sujeitos com valores de  $FC_{MAX}$  diferentes. Dada a importância dessa variável é notória a necessidade da existência de dados normativos. O presente estudo teve como objetivos: 1) Verificar se a  $FC_{REC}$  avaliada por meio de deltas é influenciada pela  $FC_{MAX}$ ; 2) Sugerir um modelo de avaliação da  $FC_{REC}$  relativizado pelos valores de  $FC_{MAX}$ . 3) Propor uma equação que descreva a cinética de recuperação da  $FC_{MAX}$  em indivíduos jovens e de meia idade saudáveis.

## **MÉTODO**

### **Sujeitos**

Foram avaliados 77 sujeitos (24 mulheres e 53 homens) de 18 a 50 anos. Os sujeitos apresentavam níveis diferentes de prática de atividade física, inclusive sedentários. Foram excluídos da amostra indivíduos que respondessem positivo para qualquer pergunta do questionário PAR-Q (HEYWARD, 1998), fumantes ou que fizessem uso de substâncias que modificassem as atividades e o comportamento cardíaco. Todos os voluntários foram orientados a não realizar

atividades físicas vigorosas 24 horas antes da realização dos testes, bem como não ingerir bebidas cafeinadas. Todos os procedimentos experimentais foram realizados com uma única visita por parte do avaliado ao laboratório, sendo que os indivíduos foram avaliados em horários diferentes sempre pelos mesmo dois avaliadores que estavam juntos em todos os testes. A temperatura ambiente era controlada entre 24 e 26 graus Celsius durante todos os procedimentos abaixo descritos.

Os voluntários foram orientados a respeito de sua participação no estudo e, após concordarem em participar da pesquisa, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFJF sob o parecer de número 171/2008.

### **Procedimento experimental**

Nível de atividade física: Após responderem ao questionário PAR-Q aplicava-se o questionário de Baecke e Burema (1982) para determinação do nível de atividade física. O instrumento leva em consideração o somatório dos escores de atividade física realizado no trabalho, no lazer e nas atividades esportivas, sendo quanto maior esse somatório maior o nível de atividade física praticado por cada avaliado. A aplicação de tal instrumento tinha como objetivo caracterizar a amostra quanto ao perfil de prática de atividade física.

Variáveis Antropométricas: Para caracterização da amostra, foi feita avaliação antropométrica que constava das seguintes medidas: peso corporal, estatura, com a utilização da balança Filizola e estadiômetro Cardiomed utilizando o padrão ISAK e dobras cutâneas para estimativa da composição corporal com a utilização do compasso de dobras cutâneas (Lange) e do protocolo de 3 dobras Jackson e Pollock (1978), sendo a densidade corporal calculada pela equação de Siri (1961).



Teste Cardiopulmonar máximo: Foi realizado de acordo com o protocolo de Bruce para esteira. Os sujeitos receberam estímulos verbais para realização de esforço máximo. Durante o teste, ao final de cada estágio, o avaliado identificava sua percepção de esforço na escala de BORG (6-20) (HEYWARD, 1998). A FC foi registrada ao final de cada estágio. O teste era considerado máximo quando eram atingida percepção do esforço igual ou maior que 18 e 95% da  $FC_{MAX}$  estimada pela fórmula  $207-0,7(\text{idade})$  proposta por Tanaka (2001).

Recuperação da frequência cardíaca; Imediatamente após o final do teste, os sujeitos sentavam em uma cadeira que era colocada logo atrás da esteira na qual permanecia sentado por um período de 5 min. sem ingestão de nenhum tipo de líquido. Durante o primeiro minuto era coletada a FC a cada 10 s. Após esse período era coletada a FC a cada 60 s até o quinto minuto. A FC foi coletada com a utilização do cardiófrequencímetro Polar, modelo S810i.

### **Tratamento estatístico**

Os resultados foram apresentados como média e desvio padrão além de valores máximos e mínimos. A distribuição normal foi verificada e confirmada pelo teste Shapiro-Wilk. Foi feita correlação de Pearson da  $FC_{MAX}$  com a  $FC_{REC}$  em valores absolutos, deltas e percentuais nos tempos 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240 e 300 s. O grupo foi dividido em alta e baixa  $FC_{MAX}$  pelo valor da mediana do grupo. As diferenças entre as médias dos grupos foram testadas pelo teste “t” de Student para grupos independentes. Adotou-se 0,05 como nível de significância. Faltou colocar a regressão

## RESULTADOS

A Tabela 1 mostra as características antropométricas, nível de atividade física, FC e  $VO_2$  máximos dos sujeitos.

**Tabela 1** – Características antropométricas, valores FC, nível de aptidão aeróbia e atividade física (Média  $\pm$  desvio padrão, mínimo, máximo).

Variáveis	Média	Mínimo	Máximo	Desv. Pad.
Idade (anos)	27,6	18,0	50,0	7,1
IMC ( $kg/m^2$ )	24,1	16,5	30,4	2,7
% gordura	16,5	4,2	34,9	7,5
Nível de Atividade Física	8,5	5,4	11,9	1,3
FC <sub>MAX</sub> (bpm)	192,9	166,0	216,0	10,2
VO <sub>2MAX</sub> ( $mL/kg/min$ ) <sup>-1</sup>	45,5	33,1	65,8	7,5

Na Tabela 2, estão descritos os valores absolutos de FC<sub>REC</sub> a cada intervalo de 10 segundos para o primeiro minuto 60 s para os demais minutos. Observa-se que, quanto mais próximo do fim do exercício maior é a correlação entre FC<sub>REC</sub> e FC<sub>MAX</sub>.

**Tabela 2** - Valores absolutos de FC de recuperação

Tempo Rec (s)	FC <sub>REC</sub> (bpm)		Correlação com FC <sub>MAX</sub>
	Média	DP	
10	189,2	10,2	0,97*
20	182,7	10,5	0,90*
30	175,5	11,6	0,84*
40	168,9	12,3	0,72*
50	163,0	12,9	0,66*
60	157,7	13,8	0,62*
120	135,1	14,3	0,52*
180	122,7	13,5	0,45*
240	117,2	13,2	0,49*
300	114,7	12,9	0,53*

\* Correlação significativa ( $p > 0,05$ ).

O grupo foi dividido em Grupo de Baixa FC<sub>MAX</sub> (GBaixa) e Grupo de Alta FC<sub>MAX</sub> (GAlta), pela mediana do grupo geral (195 bpm). A Tabela 3 mostra que, em

todos os tempos da recuperação, houve diferença significativa entre o valor médio da frequência cardíaca entre os dois grupos.

**Tabela 3** - Valores absolutos de FC de recuperação por grupo

Tempo Rec (s)	FC <sub>REC</sub> (bpm)		P
	GBaixa	GAlta	
10	182,0 ± 7,5	197,6 ± 5,1	0,000
20	175,4 ± 7,4	191,1 ± 5,9	0,000
30	167,7 ± 9,4	184,1 ± 5,9	0,000
40	161,4 ± 10,2	176,8 ± 8,7	0,000
50	155,6 ± 10,8	170,2 ± 10,2	0,000
60	149,7 ± 11,4	165,2 ± 11,3	0,000
120	128,3 ± 13,2	140,9 ± 11,0	0,000
180	117,1 ± 13,0	127,3 ± 11,0	0,001
240	111,6 ± 12,9	121,9 ± 10,2	0,000
300	108,6 ± 12,2	119,9 ± 10,1	0,000

\* Diferença significativa ( $p > 0,05$ ).

São apresentados na tabela 4, os valores de delta de FC<sub>REC</sub> pelos tempos de recuperação. Como os valores absolutos de FC, os deltas também apresentam correlações progressivamente maiores com a FC<sub>MAX</sub> à medida que transcorre o tempo de recuperação.

**Tabela 4** - Deltas de recuperação e correlação com FC<sub>MAX</sub>

Tempo Rec (s)	DeltaFC (bpm)		Correlação Com FC <sub>MAX</sub>
	Média	DP	
10	3,6	2,6	0,10
20	10,2	4,5	0,16
30	17,5	6,8	0,07
40	24,3	8,5	0,14
50	30,4	9,7	0,17
60	35,9	10,8	0,15
120	58,6	12,1	0,24
180	70,9	12,4	0,33
240	76,3	11,8	0,32
300	78,9	11,2	0,30

\* Correlação significativa ( $p > 0,05$ ).

Os deltas de FC<sub>REC</sub> também foram comparados entre os grupos de Alta e Baixa FC<sub>MAX</sub>. Diferentemente do encontrado para os valores de FC absolutos,

apenas para os tempos da fase lenta de  $FC_{REC}$ , observaram-se diferenças significativas.

**Tabela 5 – Deltas de FC por grupo**

Tempo Rec (s)	DeltaFC (bpm)		P
	GBaixa	GAlta	
10	3,3	4,0	0,229
20	9,9	10,5	0,620
30	17,6	17,4	0,895
40	23,9	24,8	0,663
50	29,7	31,4	0,464
60	35,6	36,4	0,760
120	57,1	60,6	0,214
180	68,2	74,3	0,035
240	73,7	79,6	0,033
300	76,8	81,6	0,063

\* Diferença significativa ( $p > 0,05$ ).

Após identificar que para os valores de FC absoluta houve diferença significativa entre os grupos para todos os momentos avaliados, e que os deltas apresentam diferenças entre os Grupos de Alta e Baixa  $FC_{MAX}$  na fase lenta da  $FC_{REC}$ , como terceira estratégia optou-se por normalizar os valores de FC pelo percentual da  $FC_{MAX}$ . Primeiramente foram feitos os cálculos de correlação (Tabela 6) e comparação dos dois grupos (Tabela 7). Observou-se que não há significância estatística entre percentual de  $FC_{REC}$  e  $FC_{MAX}$  nem diferença nos valores normalizados dos dois grupos

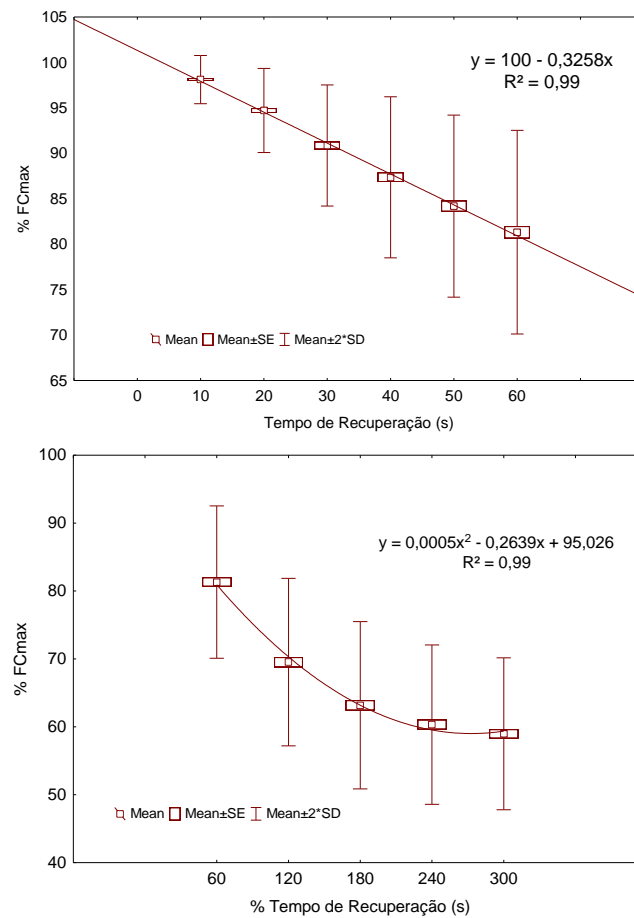
**Tabela 6** - Valores percentuais da  $FC_{REC}$  por tempo de recuperação

Tempo Rec. (s)	DeltaFC (bpm)		Correlação $FC_{MAX}$
	Média	DP	
10	98,1	1,3	-0,03
20	94,7	2,3	-0,01
30	90,8	3,3	0,11
40	87,3	4,4	0,04
50	84,1	5,0	0,03
60	81,3	5,6	0,06
120	69,5	6,2	0,07
180	63,1	6,1	0,02
240	60,3	5,9	0,08
300	58,9	5,6	0,12

**Tabela 7** – Valores percentuais de  $FC_{REC}$  por grupo

Tempo Rec (s)	DeltaFC (bpm)		P
	GBaixa	GAlta	
10	98,2	97,9	0,377
20	94,5	94,8	0,591
30	90,4	91,5	0,145
40	87,1	88,0	0,340
50	84,1	84,9	0,442
60	80,9	82,5	0,212
120	69,3	70,8	0,265
180	63,3	63,9	0,639
240	60,2	61,3	0,438
300	58,7	60,2	0,217

A partir da compreensão que a  $FC_{REC}$  pode ser expressa em valores percentuais da  $FC_{MAX}$ , foram construídas duas equações de regressão. Uma linear para descrever o comportamento da %  $FC_{REC}$  na fase rápida da recuperação e outra polinomial de segunda ordem para a fase lenta (Figura 1).



**Figura 1** – Percentual da FC<sub>MAX</sub> por tempo de recuperação. 0 a 60 s no painel superior e 60 a 300 s no painel inferior

## DISCUSSÃO

Os achados deste estudo mostram que os valores absolutos de FC<sub>REC</sub> e FC<sub>MAX</sub> se correlacionam, não sendo assim a recuperação em valores absolutos a melhor estratégia para classificação dessa recuperação. Os deltas de recuperação, na sua fase rápida, não mostraram correlação com a FC<sub>MAX</sub>. Já, na fase lenta, foi evidenciada correlação com a FC<sub>MAX</sub>. A utilização de valores percentuais da FC<sub>MAX</sub> se mostrou a única estratégia em que em nenhum momento da recuperação apresentou correlação com a FC<sub>MAX</sub>. Construíram-se equações de regressão, uma para cada fase da recuperação, para indicar os valores médios de recuperação.

### **Recuperação da FC em valores absolutos**

A estratégia de utilizar valores absolutos para a  $FC_{REC}$  não demonstrou ser uma estratégia eficiente para classificar os avaliados. O Valor identificado a cada momento da recuperação se mostrou dependente da  $FC_{MAX}$ . Sendo assim, essa dependência pode interferir nos valores recuperação de indivíduos que tenham diferentes valores de  $FC_{MAX}$ . Possivelmente esse seja um fator que levou alguns autores ao longo dos anos a utilizarem outras estratégias para quantificar a recuperação da  $FC_{MAX}$ , como por exemplo, a utilização de deltas de recuperação (RICARDO, 2005; SHETLER, 2001; MYERS, 2007; LAMBERTS, 2010).

### **Recuperação da FC em deltas**

Neste estudo, foi possível observar que o delta 60 s médio encontrado foi de  $35,9 \pm 10,8$  bpm. Este valor se encontra próximo ao observado por RICARDO et al. (2005) que encontraram valores de recuperação de  $34 \pm 1$  bpm mesmo sendo o teste máximo realizado em ciclo ergômetro de membro inferior. Esse estudo mostra ainda não ter havido diferença nos valores de recuperação entre homens e mulheres ( $35 \pm 1$  e  $34 \pm 1$  bpm respectivamente). Se comparados aos propostos por COLE (1998), pode-se observar que nossos resultados podem ser considerados normais para indivíduos saudáveis (ponto de corte  $\geq 25$  bpm).

O delta 60 s parece ser uma variável adequada para identificar a  $FC_{REC}$  em sua fase rápida. Isso se deve ao fato de, nos primeiros 60 s de recuperação, a queda da FC ser determinada, principalmente, pela reativação vagal (BUCHHEIT 2007; IMAI, 1994). Na fase lenta,  $FC_{REC}$  sofre influência do metabolismo de substâncias como, por exemplo, o lactato final do exercício, o que torna a cinética de queda diferente do primeiro minuto (MANN, 2007). De acordo com Ricardo (2005) e

Shetler (2001), nesta fase, a recuperação se torna dependente do ergômetro, do tipo de teste (máximo ou submáximo) e da condição de saúde do avaliado.

### **Recuperação pelo percentual da $FC_{MAX}$**

Neste estudo, observou-se que, quando expressa por % da  $FC_{MAX}$ , a  $FC_{REC}$  não apresenta correlação com a  $FC_{MAX}$  em nenhum momento da recuperação. Este fato permite inferir sobre a possibilidade de mesmo em sujeitos que atinjam  $FC_{MAX}$  diferentes possam ser usados valores percentuais tanto para a fase rápida, quanto lenta da recuperação para efeitos comparativos.

### **Limitações do estudo**

O presente estudo avaliou em sua amostra indivíduos considerados saudáveis e ativos. Entendemos que os extremos não foram considerados (sedentários e indivíduos extremamente treinados-atletas, e pessoas com algum grau de acometimento da saúde cardiovascular), e devido a essa conjuntura os valores e o comportamento das variáveis descritas neste estudo não deve ser generalizado para populações diferentes da avaliada.

### **Aplicações práticas**

Os resultados encontrados têm importância para a avaliação de indivíduos durante o treinamento. As curvas de valores percentuais de recuperação podem ser utilizadas por treinadores e praticantes de atividade física para classificar a recuperação após esforço máximo de acordo com a curva média, uma vez que a literatura não fornece dados a respeito dessa recuperação média em sujeitos saudáveis.

Importante também reforçar que ao utilizar a recuperação da  $FC_{MAX}$  avaliada pelo seu percentual, futuros estudos podem ser feitos para melhor estudar tal



variável sem que a mesma sofra interferência de outras variáveis como, por exemplo, a  $FC_{MAX}$ .

## CONCLUSÃO

Conclui-se que os valores absolutos de  $FC_{REC}$  sofrem influência da  $FC_{MAX}$  nas duas fases da recuperação. Os deltas, apenas na fase lenta. A utilização de valores percentuais da  $FC_{MAX}$  é a estratégia mais indicada para avaliar a  $FC_{REC}$ , tanto na fase rápida, quanto lenta.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Estudo - 1, o objetivo principal era identificar se a  $FC_{MAX}$  é influenciada pela VFC durante o repouso. Concluiu-se que maiores valores de LF em repouso estão associadas à  $FC_{MAX}$  mais elevadas em mulheres. Como valores de HF em repouso não se mostraram intervenientes na  $FC_{MAX}$ , parece que a atividade simpática em repouso tem uma interferência mais determinante que a parassimpática no pico do exercício. No Estudo - 2, tínhamos os seguintes objetivos: 1) Verificar se a  $FC_{REC}$  avaliada por meio de deltas é influenciada pela  $FC_{MAX}$ ; 2) Sugerir um modelo de avaliação da  $FC_{REC}$  relativizado pelos valores de  $FC_{MAX}$  e 3) Propor uma equação que descreva a cinética de recuperação da  $FC_{MAX}$  em indivíduos jovens e de meia idade saudáveis.

Concluiu-se que os valores absolutos de  $FC_{REC}$  sofrem influência da  $FC_{MAX}$  nas duas fases da recuperação. Os deltas, apenas na fase lenta. A utilização de valores percentuais da  $FC_{MAX}$  é a estratégia mais indicada para avaliar a  $FC_{REC}$ , tanto na fase rápida, quanto lenta. Em parte, isso se deve ao fato da grande interferência dos valores absolutos da FC em cada momento da recuperação. Em contrapartida, quando os dados são normalizados, pode-se criar um padrão de recuperação percentual para a característica dos indivíduos avaliados, em que, percentualmente,

a  $FC_{REC}$  não sofre interferência da  $FC_{MAX}$ . Sendo assim essa se mostra uma estratégia adequada para avaliar a recuperação da  $FC_{MAX}$ , tanto no componente rápido, quanto lento da  $FC_{REC}$ .

## REFERÊNCIAS

ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 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. Frequência Cardíaca Máxima em esteira ergométrica em diferentes horários. **Rev. Bras. Med. Esporte.** v. 12, n.6, p. 318-322, 2006.

AGELINK M.W ; MALESSA R.; BAUMANN B.; MAJEWSKI T.; AKILA F.; ZEIT T.;ZIEGLER D. Standardized tests of heart rate variability: normal ranges obtained from 309 healthy humans, and effects of age, gender, and heart rate. **Clin Auton Res** v.11, p. 99-108, 2001

ALMEIDA M.B.; ARAÚJO C.G.S. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. **Rev Bras Med Esporte**;v.9, p.104-12, 2003.

ALMEIDA M.B.; RICARDO D.R.; ARAÚJO C.G.S. Variabilidade da frequência cardíaca em um teste de exercício verdadeiramente máximo. **Rev Socerj.**; v. 18 (6): p. 534-41, 2005.

ARAI Y.; SAUL J.P.; ALBRECHT P.; HARTLEY L.H.; Lilly L.S.; COHEN R.J.; COLLUCCI W.S. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. **J Appl Physiol** ; v. 256, p. H132–H141, 1998.

ARAÚJO C.G.S.; BASTOS M.A.P.M.; PINTO N.L.S.; CÂMARA, R. A frequência cardíaca máxima em nove diferentes protocolos de teste máximo. **Rev Bras Ciên Esporte**; v. 2, p. 20-31, 1980.

ASTRAND, P.O.; BERGH, U.L.F.; KILBOM, A.S.A. A 33-yr follow-up of peak oxygen uptake and related variables of former physical education students. **Journal of Applied Physiology**, v. 82, n 6, p. 1844-1852, 1997.

AUBERT A.E.; BECKERS F.; RAMAEKERS D. Short-term heart rate variability in young athletes. **J Cardiol v.**; 37, p. S85-8, 2001.

BAECKE J.A.; BUREMA J.; FRIJTERS J.E. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. **Am J Clin Nutr**; V. 36, p. 936-42, 1982.

BORG G.A.V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med. Sci. Sports Exerc.**;V.14, p.377-81, 1982.

Brinkworth G.D.; Noakes M.; Buckley J.D.; Clifton P.M. Weight loss improves heart rate recovery in overweight and obese men with features of the metabolic syndrome. **Am Heart J**; v. 152: p. 693 e1– 693 e6, 2006.

BRUCE R.A. Exercise testing of patients with coronary heart disease. Principles and normal standards for evaluation. **Ann Clin Res**;v. 3, p. 323-32, 1971.

BUCH A.N.; COOTE J.H.; TOWNEND J.N. Mortality, cardiac vagal control and physical training--what's the link? **Exp Physiol v.** 87, p. 423-435, 2002.

BUCHHEIT M.; PAPELIER Y.; LAURSEN P.B.; AHMAIDI S. Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise **Eur J Appl Physiol v.** 105, p. 705–713, 2007.

BYRNE E.A.; FLEG J.L.; VAITKEVICIUS P.V.; WRIGHT J.; PORGES S.W. Role of aerobic capacity and body mass index in the age-associated decline in heart rate variability. **J Appl Physiol v.** 81. p. 743-750, 1996.

CHENG Y.J.; LAUER M.S.; EARNEST C.P.; CHURCH T.S.; KAMPART J.B.; GIBBONS L.W.; BLAIR S.N. Heart rate recovery following maximal exercise testing as a predictor of cardiovascular disease and all-cause mortality in men with diabetes. **Diabetes Care**; v. 26,p. 2052–2057, 2003.

CHRISTOU D.D.; JONES P.P.; PIMENTEL A.E.; SEALS D.R. Increased abdominal-to-peripheral fat distribution contributes to altered autonomic-circulatory control with human aging. **Am J Physiol Heart Circ Physiol v.** 287,p. H1530-1537, 2004.

COLE C.R.; BLACKSTONE E.H.; PASHCOW F.J.; SNADER C.E.; LAUER M.S. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. **N Engl J Med.** V. 341, p.1351-1357, 1999.

DARR K.C.; BASSETT D.R.; MORGAN B.J.; THOMAS D.P. Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. **Am J Physiol v.**254,

p.H340-343, 1988.

DINKPA, U.; IBHAZEHEBO, K.; Assessment of the influence of age the rate of heart rate decline after maximal exercise in non – athletic adult males. **Clin Physiol Funct Imaging**. v. 29, p. 68 – 73. 2009.

DU N.; BAI S.; OGURI K.; KATO Y.; MATSUMOTO I.; KAWASE H.; MATSUOKA T. Heart rate recovery after exercise and neural regulation of heart rate variability in 30-40 year old female marathon runners. **J Sports Sci Med** ;V. 4:p.9–17, 2005.

ESLER M. The autonomic nervous system and cardiac arrhythmias. **Clin Auton Res** v.2, p.133-135, 1992.

EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing Electrophysiology. **Circulation** v.93, p.1043-65, 1996;.

FERNANDES, T.C et. al. Frequência cardíaca de recuperação como índice de aptidão aeróbia. **Revista da Educação Física**, Maringá, v.16, n.2, p.129-37, 2005.

FRANCKOWIAK S.C.; DOBROSIELSKI D.A.; REILLEY S.M.; WALSTON J.D.; ANDERSEN R.E. Maximal heart rate prediction in adults that are overweight or obese. **Journal of Strength and Conditioning Research**. V. 25, n. 5, pag. 1407–1412, 2011.

FRONCHETTI L.; ADAMI, F.; COSTA, V.P.; LIMA-SILVA, A.E.; DE-OLIVEIRA, F.R. Indicadores de regulação autonômica cardíaca em repouso e durante exercício progressivo – aplicação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca. **Rev Port Ciên Desp.**; v.6(1), p.21-8, 2006.

GOLDBERGER J.J.; LE F.K.; LAHIRI M.; KANNANKERIL P.J.; NG J.; KADISH A.H. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. **Am J Physiol Heart Circ Physiol** v.290, p.H2446-2452, 2006

HEFFERNAN K.S.; KELLY E.E.; COLLIER S.R.; FERNHALL B. Cardiac autonomic modulation during recovery from acute endurance versus resistance exercise. **Eur J Cardiovasc Prev Rehabil** v.13, p.80-86, 2006.

HUANG P.; LEU H.; CHEN J.; CHEN C.; HUANG C.; TUAN T.; DING P.Y.; LIN S. Usefulness of attenuated heart rate recovery immediately after exercise to predict

endothelial dysfunction in patients with suspected coronary artery disease. *Am J Cardiol* ; v.93, p.10–13, 2004.

IMAI K.; SATO H.; HORI M.; KUSUOKA H.; OZAKI H.; YOKOYAMA H.; TAKEDA H.; INOUE M.; KAMADA T. et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. V.24, p.1529-535, 1994.

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

JAE S.Y.; CARNETHON M.R.; HEFFERNAN K.S.; CHOI Y.H.; LEE M.K.; PARK W.H.; FERNHALL B. Slow heart rate recovery after exercise is associated with carotid atherosclerosis. *Atherosclerosis*, v. 102, p. 700–3. 2006.

JAVORKA M.; ZILA I.; BALHAREK T.; JAVORKA K. Heart rate recovery after exercise; relations to heart rate variability and complexity. *Braz J Med Biol Res*; v. 35: p.991–1000, 2002.

JOHSON, J.; PRINS, A. Prediction of maximal heart rate during a submaximal work test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. v. 31,p. 44 – 47, 1991.

KANNANKERIL P.J.; LE F.K.; KADISH A.H.; GOLDBERGER J.J. Parasympathetic effects on heart rate recovery after exercise. *J Investig Med* v. 52, p. 394-401, 2004.

KARVONEM, M.J.; KENTALA, E.; MUSTALA, O. The effects of on heart rate a longitudinal study. *Ann. Med. Exper. Fenn.*, v. 35, p. 307-315, 1957.

KUO T.B.; LIN T.; YANG C.C.; LI C.L.; CHEN C.F.; CHOU P. Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate. *Am J Physiol* v. 277, p.H2233-2239, 1999.

LAMBRETS R.P.; et. al. Heart rate recovery as a guide to monitor fatigue and predict changes in performance parameters. *Scand J Med Sci Sports*. v. 20, p. 449 – 457, 2010.

LAURIA A.A.; MARINS J.C.B.; MARQUES F.A.D.; PERANTONI C.B.; AMORIM P.R.S.; SANTOS T.M.; LIMA J.R.P. Fidedignidade intra e interdias da frequência cardíaca de repouso. *Fit Perf J*. v.jan-mar, n. 9(1), p.66-71, 2010.

LEWIS M.J.; SWART J.; CAPOSTAGNO B.; NOAKES T.D.; LAMBERT M.I. Rate of reduction of heart rate variability during exercise as an index of physical work capacity. **Scand J Med Sci Sports** v.17, p. 696 –702, 2007.

LIMA J.R.P.; KISS M.A.P.D. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. **Rev Bras Ativ Fis Saúde** v.9, p.29-38, 1999.

LONDEREE B.R.; MOESCHBERGER M.L. Influence of age and other factors on maximal heart rate. **J Cardiac Rehabil** v. 4, p.44–49, 1984.

LONDEREE, B.R.; MOESCHBERGER, M.L. Effect of age and other factors on maximal heart rate. **Res Quarter Exerc Sport** ; v.53(4), p.297-304, 1982.

LOPEZ, J.E.H.; GALAN, L.M.S.; PEREZ, D.P. Frecuencia cardiaca maxima durante la prueba de esfuerzo em banda em 1853 sujetos sanos. Su relacion com la edad y bajo condiciones atmosfericas de la ciudad de Mexico. **Arch Inst Cardiol. Mex.** V. 70, n 3, p.261-267, 2000.

MAHON A.D.; ANDERSON C.S.; HIPPIE M.J.; HUNT K.A Heart rate recovery from submaximal exercise in boys and girls. *Med Sci Sports Exerc* ; v. 35, p. 2093–2097, 2003.

MANM, T. Sporting myths: the real role of lactate during exercise. **SAJSM** v. 19 N.5, p.114 – 116, 2007.

MARTINMAKI K.; RUSKO H. Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. **Eur J Appl Physiol** v.102, p.353–360, 2008.

MILLER, W.; WALLACE, J.; EGGERT, K. Predicting max hr and the HR-VO<sub>2</sub> relationship for exercise prescription in obesity. **Medicine and Science in Sport and Exercise.** v. 25 (9), p. 1077 – 1081, 1993.

MITCHELL, J. H. Cardiovascular control during exercise: central and reflex neural mechanisms. **American Journal of Cardiology** v.55, p.D34-41, 1985.

MYERS J.; PRAKASH M.; FROELICHER V.F.; DO D.; PARTINGTON S.; ATWOOD J.E. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. **N Engl J Med.** V.346, p.793-801, 2002.

NAKAMURA F.Y.; GANCEDO M.R.; ALBUQUERQUE S.L.; LIMA J.R.P.; KOKUBUM E. Utilização do esforço percebido na determinação da velocidade crítica em corrida aquática. **Rev Bras Med Esporte**; v.11, p.1-5, 2005.

NISHIME E.O.; COLE C.R.; BLACKSTONE E.H.; PASHKOW F.J.; LAUER M.S. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. **Jama** v.284, p.1392-1398, 2000.

PERANDINI, L.; CHIMIN, P.; OKUNO, N.M.; LIMA, J. R. P.; BUCHHEIT, M.; NAKAMURA, F.Y. Parasympathetic withdrawal during 30-15 intermittent fitness test correlates with its' maximal running speed in male handball players. **Journal of Exercise Physiology Online**, v.12, p. 29-39, 2009.

PERINI R.; ORIZIO C.; COMANDE A.; CASTELLANO M.; BESCHI M.; VEICSTEINAS A. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol** v.58, p.879-883, 1989.

PIERPONT G.L.; STOLPMAN D.R.; GORNICK C.C. Heart rate recovery post-exercise as an index of parasympathetic activity. **J Auton Nerv Syst** v.80, p.169-174, 2000.

PITSAVOS C.H.; CHRYSOHOOU C.; PANAGIOTAKOS D.B.; KOKKINOS P.; SKOUMAS J.; PAPAIOANNOU I.; MICHAELIDES A.P.; SINGH S.; STEFANADIS CI. Exercise capacity and heart rate recovery as predictors of coronary heart disease events in patients with heterozygous familial hypercholesterolemia. **Atherosclerosis**; v.173, p. 347–352, 2004.

Reilly T. Human circadian rhythms and exercise. **Crit Rev Biomed Eng.** V.18, p.165-79, 1990.

RICARDO D.R.; ALMEIDA M.B.; FRANKLIN B.A.; ARAÚJO C.G.S. Initial and final exercise heart rate transients: influence of gender, aerobic fitness and clinical status. **Chest.**; V.127 p.317-28, 2005.

ROBERGS R.A.; LANDWEHR R. The Surprising history of the “HRmax=220-age” equation. **Journal of Exercise Physiology online.** v.5; n. 2, p. 1-10, 2002

ROWELL LB, O’LEARY DS. Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. **J Appl Physiol.**; v.69, p.407-18, 1990.

RUMENIG E.; BERTUZZI R.C.M.; NAKAMURA F.Y.; FRANCHINI E. MATSUSHIGUE K.A.; KISS M.A.P.D.M. Cinética e variabilidade da frequência cardíaca mediante exercício físico predominantemente aeróbio: influencia da intensidade e do tempo de análise. **Rev Bras de Educ Fis** v.;21(3), p.205-18, 2007.

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, p.79–84, 1978.

SHETLER K.; MARCUS R.; FROELICHER V.F.; VORA S.; KALISSETTI D.; PRAKASH M.; DO D.; MYERS J. Heart rate recovery: validation and methodologic issues. **J Am Coll Cardiol.**; v.38, p.1980–1987, 2001.

SIRI W.E. Body composition from fluids spaces and density: analysis of two methods. In: Brozek J.; Henschel A. **National academy of Sciences National Research Council**, Washington, p. 223-244, 1961.

TANAKA H.; MONAHAN K.D.; SEALS D.R. Age-predicted maximal heart rate revisited. **J Am Coll Cardiol.**; v.37, p.153-6, 2001.

TARVEINEN M.P.; RANTA-AHO P.O.; KARJALAINEN P.A. “An advanced detrending method with application to HRV analysis”. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**. v. 49, n. 2, p. 172-175, 2002.

THOMAS S.; READING J.; SHEPHARD R.J. Revision of the physical activity readiness questionnaire (PAR-Q). **Canadian Journal of Sport Sciences** V. 17 No. 4 p. 338-345, 1992.

TULPPO M.P.; MAKIKALLIO T.H.; SEPPANEN T.; LAUKKANEN R.T.; HUIKURI HV. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **Am J Physiol (Heart Circ. Physiol)**; v.274(2), p.H424-H9, 1998.

WATANABE J.; THAMILARASAN M.; BLACKSTONE E.H.; THOMAS J.D.; LAUER MS. Heart rate recovery immediately after treadmill exercise and left ventricular systolic dysfunction as predictors of mortality: the case of stress echocardiography. **Circulation**; V. 104: p.1911–1916, 2001.

WHALEY M.H.; KAMINSKY L.A.; DWYER G.R.; GETCHELL L.H.; NORTON J.A. Predictors of over – and underachievement of age – predicted maximal heart rate. **Medicine and Science in Sport Exercise**. V. 25 (10), p.1173 – 1179, 1992.

WILMORE J.H.; COSTILL D.L. **Physiology of Sport and Exercise**: 3rd Ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2005.



## APENDICE

LABORATÓRIO DE AVALIAÇÃO MOTORA – LAM/UFJF

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: FÁBIO ANTÔNIO DAMASCENO MARQUES

ENDEREÇO: RUA FRANCISCA PEREIRA LIMA 115 AEROPORTO JUIZ DE FORA

CEP: 36038-295 – JUIZ DE FORA – MG

FONE: (32) 3235-8212/8879-8212

E-MAIL: FABIOEF2001@GMAIL.COM

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O Sr. (a) está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa *Comportamento da Frequência Cardíaca (FC) de repouso em indivíduos com diferentes níveis de atividade física e diferentes níveis de capacidade aeróbica em diferentes horários do dia.*

*Neste estudo pretendemos avaliar o comportamento da frequência cardíaca em repouso, durante diferentes períodos do dia em voluntários saudáveis com diferentes níveis de atividade e capacidade física. Esse estudo irá auxiliar na compreensão dos métodos de avaliação do comportamento da frequência cardíaca em condições de repouso, contribuindo para a utilização na prática clínica dos profissionais de saúde de uma forma segura e efetiva.*

- *Para este estudo adotaremos os seguintes procedimentos: Registro da frequência cardíaca em repouso na posição sentado; realização de um teste físico máximo na esteira rolante, e mensuração da FC de repouso em diferentes horários do dia com a utilização do monitor de FC. Sendo que essa mensuração será feita de forma não invasiva e segura. Antes da execução dos testes físicos será realizada uma avaliação antropométrica, onde serão coletados dados de peso, estatura e dobras cutâneas para caracterizar a amostra. Este procedimento tem um risco mínimo. O teste máximo atinge níveis de exaustão física com o objetivo de mensurar a capacidade física máxima. Nesse procedimento, o voluntário pode sentir desconforto físico, como sensação de cansaço e ocorrência de desconfortos gerados tardiamente em consequência ao teste tais como dolorimento muscular tardio e o teste têm um risco maior que o mínimo.*

*Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira e qualquer problema que envolva a metodologia da pesquisa será ressarcido por quem de direito. Você será esclarecido (a) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador.*

*O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo.*

Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

O (A) Sr (a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, no Centro LOCAL DO ESTUDO e a outra será fornecida a você.

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de Identidade \_\_\_\_\_ fui informado (a) dos objetivos do estudo Comportamento da Frequência Cardíaca de repouso em indivíduos com diferentes níveis de atividade física e diferentes níveis de capacidade aeróbica em diferentes horários do dia, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Juiz de Fora, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 200 .

---

Nome	Assinatura participante	Data
------	-------------------------	------

---

Nome	Assinatura pesquisador	Data
------	------------------------	------

---

Nome	Assinatura testemunha	Data
------	-----------------------	------

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o

CEP- COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA/UFJF

CAMPUS UNIVERSITÁRIO DA UFJF

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA

CEP 36036.900

FONE: 32 3229 3788

## ANEXOS



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
PRO-REITORIA DE PESQUISA  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP/UFJF  
36036900- JUIZ DE FORA - MG - BRASIL

## Parecer nº 171/2008

**Protocolo CEP-UFJF:** 1421.112.2008 **FR:** 195407 **CAAE:** 0121.0.180.000-08

**Projeto de Pesquisa:** "Comportamento da frequência cardíaca de repouso em indivíduos com diferentes níveis de atividade física e diferentes níveis de capacidade aeróbica em diferentes horários do dia"

**Area Temática:** Grupo III

**Pesquisador Responsável:** André de Assis Lauria

**Pesquisadores Participantes:** Prof. Dr. Jorge Roberto Perrou Lima e Prof. esp. Fábio Antônio Damasceno Marques

**Instituição:** Faculdade de Educação Física e desportos da Universidade Federal de Juiz de Fora

**Sumário/comentários do protocolo:**

O CEP analisou o Protocolo 1421.112.2008, Grupo III e considerou que:

- O autor menciona que um dos aspectos mais importantes na prescrição do exercício aeróbico é o controle da intensidade adequada do esforço. Existem algumas variáveis que podem ser usadas para esse fim. Entre esses indicadores, talvez o mais prático seja a FC, embora suas respostas possam ser influenciadas por diversos aspectos além do esforço propriamente dito. Para a mensuração da FC máxima existe uma série de equações que tem um bom coeficiente de correlação e pode ser utilizado para estimar esse valor. No que diz respeito à FC repouso, não existe nenhuma equação para prever essa condição e geralmente não se realiza uma avaliação adequada para a mensuração desse valor. Existe a necessidade de se desenvolver algum método ou equação para que de forma prática e confiável se estime esse valor com maior proximidade possível do real. Por já se ter na literatura, conhecimento acerca do comportamento da FC de repouso e da variabilidade da FC em diferentes horários do dia, mas, no entanto, pouco se conhecer sobre o comportamento destas variáveis em indivíduos com diferentes níveis de atividade física este estudo proposto apresenta pertinência e grande relevância científica.
  - Desta forma, o presente estudo tem como objetivos verificar o comportamento da FC de repouso em diferentes horários do dia e verificar a relação dessas variáveis com o nível de atividade física. Além disso, com base nos achados, outro objetivo será o de criar uma equação ou uma forma mais prática de se mensurar a FC em níveis de repouso com maior exatidão. Observa-se, portanto, que os objetivos propostos coadunam adequadamente com a proposta do estudo.
  - A metodologia do estudo prevê o recrutamento de 100 voluntários, de ambos os sexos, com diferentes idades, com diferentes níveis de atividade física que serão submetidos, inicialmente, a anamnese, avaliação da composição corporal e medidas antropométricas, dados estes coletados por um Professor de Educação Física. Após esta avaliação, serão selecionados apenas os indivíduos que atenderem aos critérios de inclusão: serem normotensos; não utilizarem medicamentos que afetem a função cardíaca e o SNA; responderem negativamente a todas as perguntas do questionário de estratificação de risco. Além disso, serão excluídos da participação neste estudo os voluntários que apresentarem algias e ou limitações osteomioarticulares; sinais e patologias cardiovasculares, bem como risco para a execução dos testes físicos propostos na pesquisa. Os voluntários selecionados responderão a um questionário de nível de atividade física e serão submetidos a um teste físico na esteira ergométrica. Para a coleta de dados de repouso a FC e a variabilidade da FC será registrada por um cardiofrequencímetro. A coleta será feita na posição supina por 10 minutos o que ocorrerá em diferentes horas do dia, sendo os horários pré-determinados: 6 h, 9 h, 12 h, 15 h, 18 h, 21 h e 24 h. A análise estatística foi detalhada adequadamente e, por conseguinte, considera-se que a metodologia proposta se adequa perfeitamente aos objetivos delineados neste estudo.
  - A partir da realização deste estudo têm-se como resultados e impactos esperados encontrar uma tendência da FC em repouso de acordo com horário, além de possíveis diferenças nos indivíduos mais ativos e com maiores aptidões físicas. Desta forma, a pesquisa em questão auxilia na compreensão dos métodos de análise da FC e da VFC em condição de repouso, contribuindo com a interpretação da condição de repouso através do estudo não-invasivo e prático da FC. Auxilia, também, no entendimento do efeito do treinamento físico na interação entre as algas do SNA no coração em repouso e ao longo de atividades cotidianas.
  - Os riscos inerentes à participação dos voluntários neste estudo foram corretamente discriminados e classificados em consonância com a resolução vigente.
  - As referências bibliográficas sustentam adequadamente os objetivos do estudo.
  - No orçamento detalhado, o pesquisador relata que na pesquisa haverá um gasto R\$ 102,00 o qual será assumido pelo mesmo.
  - O cronograma está descrito em meses, com o início das atividades previsto para o mês de agosto de 2008, com coleta da amostra prevista para ter início em dezembro de 2008 e término em abril de 2009. O término da pesquisa está previsto para junho de 2009. Ressaltamos que a coleta dos dados, de acordo com a Res. CNS 196/96, só poderá ocorrer após o parecer favorável do CEP.
  - O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE atende de forma plena às recomendações da Res. 196-96, pois o autor classifica adequadamente os riscos inerentes à participação dos voluntários neste estudo. Adicionalmente, o termo está em uma linguagem adequada, clara para compreensão do sujeito, contém uma descrição suficiente dos procedimentos a serem realizados pelos voluntários, apresenta também, de forma clara a seqüência de avaliações as quais o voluntário será submetido e contém informações suficientes para que os voluntários possam fazer contato com o pesquisador, além de deixar claro que, qualquer problema que envolva a metodologia da pesquisa, será ressarcido por quem de direito.
  - A qualificação dos pesquisadores é compatível com o projeto de pesquisa.
  - Salientamos que a pesquisadora deverá encaminhar a este comitê relatórios parciais e o relatório final da pesquisa.
- Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFJF, de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 196/96, manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa proposto.

**Situação:** Projeto Aprovado  
Juiz de Fora, 20 de novembro de 2008.

*Prof. Ms. Cynthia Pace Schmitz Correa*  
Coordenadora – CEP/UFJF

RECEBI
DATA: 14/01/2009
ASS: <i>André de Assis Lauria</i>