



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE BIOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FISILOGIA E BIOFÍSICA



ESTUDO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DURANTE O EXERCÍCIO FÍSICO DINÂMICO EM VOLUNTÁRIOS SADIOS

Este exemplar corresponde à redação final
da tese defendida pelo(a) candidato(a)
Vera Regina Fernandes da
Silva Marães
e aprovada pela Comissão Julgadora

22/08/99

VERA REGINA FERNANDES DA SILVA MARÃES

CAMPINAS 1999

VERA REGINA FERNANDES DA SILVA MARÃES

**ESTUDO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DURANTE O
EXERCÍCIO FÍSICO DINÂMICO EM VOLUNTÁRIOS SADIOS**

Tese apresentada ao Programa de
Pós-graduação – área de Fisiologia -
do Instituto de Biologia da
Universidade Estadual de Campinas-
para obtenção do Título de Mestre
em Biologia Funcional e Molecular.

Orientador: Prof. Dr. Lourenço Gallo Junior

CAMPINAS 1999

**FICHA CATALOGRAFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA - UNICAMP**

Marães, Vera Regina Fernandes da Silva

M323e Estudo da variabilidade da frequência cardíaca durante o
exercício físico dinâmico em voluntários sadios/Vera Regina
Fernandes da Silva Marães. -- Campinas, SP: [s.n.], 1999.
237f.:ilus.

Orientador: Lourenço Gallo Junior

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas.
Instituto de Biologia.

1.Sistema cardiovascular.

2.Exercícios físicos.

3.Sistema nervoso autônomo.

I. Gallo Junior, Gonçalo. II. Universidade Estadual
de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

Campinas, 20 de agosto de 1999.

BANCA EXAMINADORA:

Titulares:

Prof. Dr. Lourenço Gallo Junior (orientador) Lourenço Gallo Jr.

Profa. Dra. Ester da Silva Ester da Silva

Profa. Dra. Lisete Compagno Michelin Lisete Compagno Michelin

Suplente:

Prof. Dr. Antônio Carlos Boscheiro Antônio Carlos Boscheiro

Investigação conduzida no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, com apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP.

“É preferível alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se a derrotas; a formar filas com os pobres de espírito, que nem gozam muito e nem vivem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta daqueles que não conhecem nem vitórias e nem derrotas”.

(Franklin Roosevelt)



Ao meu amado esposo Getúlio, meu maior incentivador e fortaleza nas horas difíceis e nos momentos de desânimo.

Aos meus filhos Larissa e Vinícius, as maiores expressões do meu ser.

Aos meus queridos pais, Hélio e Maria José, que dispensaram todos os esforços, dedicação e incentivo, exemplos de luta e lealdade. Obrigada.

Aos meus irmãos, Francisco Hélio, Maria Regina, Regina Lúcia e Vicente Paulo, por estarem sempre presentes ajudando na conclusão desta etapa da minha vida. O que eu seria sem vocês?

A minha sogra, pela ajuda constante nos momentos em que precisei me ausentar.

Ao Prof. Dr. Lourenço Gallo Junior, que acreditou em meus potenciais, pela disponibilidade, pela orientação, pelo entusiasmo que sempre demonstrou, pelo critério científico e pelos conhecimentos transmitidos. Minha sincera e profunda gratidão.

À Profa. Dra. Ester da Silva pela dedicação, amizade e conhecimentos dispensados nestes seis anos de convivência, obrigada pela concordância e disponibilidade para o desenvolvimento deste trabalho no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular do DEFisio da UFSCar

AGRADECIMENTOS

- Em primeiro lugar a Deus, pela grande obra que realizou em minha vida, por me sondar a cada dia e, ainda por me dar um coração mais manso e cheio de perdão,
- Aos meus queridos parentes: Renata, Raphael, Danielly, Hélio Neto, Verona, Zulene, Gerson, Amanda, José Martins, Rogers, Sérgio, Caroline, Rafaela, Lara, Caio, Elisabete, Alzira, Vanir por estarem sempre presentes,
- À Prof. Dr. Aparecida Maria Catai pela contribuição na minha formação desde a graduação e na montagem experimental para a realização dos testes de medidas metabólicas e ventilatórias e análise dos mesmos,
- À amiga Tatiane Flores Ribeiro, são poucos aqueles que podemos chamar de amigos, tenho orgulho de poder te chamar assim, obrigada pelo apoio, incentivo em todos os momentos,
- Ao amigo Waldir José Bonetti pela contribuição incomparável na essência deste trabalho,
- À Prof. Nice pela contribuição nas interpretações e correções da língua Inglesa,
- À Ada Ester que muito ajudou nos recados, as idas e vindas,
- Ao Lucien de Oliveira, pela paciência em ensinar as técnicas computacionais e ao uso dos aplicativos de aquisição e análise dos dados e por resolver todos os problemas que não conseguiria resolver sem o seu auxílio,

- Aos queridos: Solange da Silva Frônio e Dr. Carlos Augusto Lemos Mega pela cooperação na realização das avaliações clínica e funcional dos voluntários,
- Aos Jefferson Petto, pelo apoio técnico e contribuição na seleção dos voluntários,
- Ao Mário pela disponibilidade em realizar os exames laboratoriais dos voluntários envolvidos neste trabalho,
- Ao pessoal do Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular da Universidade Federal de São Carlos, Maria Antônia, Lilian, Eduardo, Fernanda, Kely, Cristiano,
- Aos pacientes do Laboratório de Fisioterapia da UFSCar, que são muitos, obrigada pelo sorriso e carinho constante,
- Aos colegas de pós-graduação: Elisângela, Jairo, Luciana, Jaqueline, Samanta, Mércia, Janaina, Marilíta, Vagner, Nádia, Marília, Lilian, Mário, Patrícia, Vera, Fabiana,
- Ao colega Júlio, pela contribuição no processamento de parte dos dados.
- Aos professores da pós-graduação, em especial: Boschero, Helena, Marta, Doris, Alba, Regina, Ary, Euclides, Barreto, Marye,
- À Profa. Maria Silvia de Assis Moura pela valiosa contribuição na realização das análises estatística deste trabalho,
- Ao Prof. Dr. Luiz Fernando Junqueira Júnior e ao Prof. Paulo César Jesus, por ter cedido o programa de análise espectral,

- A todos os voluntários que se dedicaram e contribuíram para realização deste trabalho,
- À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo apoio financeiro,
- À Profa. Dra. Roseli Golfetti, coordenadora do Laboratório de Fisiologia do Exercício da Faculdade de Educação Física da UNICamp, por deixar disponível a infra-estrutura laboratorial para o desenvolvimento da parte experimental relativa as medidas metabólicas e ventilatórias de quatro voluntários,
- À Profa. Helena Melazzo pelas correções da língua portuguesa,
- À Profa. Dra. Alba Regina Monteiro Souza Brito, Coordenadora do Curso de Pós-graduação em Biologia – Área de Concentração Fisiologia da UNICAMP,
- À UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, Instituição que possibilitou a realização deste Mestrado,
- De uma forma geral agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação, muito obrigada a todos.

SUMÁRIO

ABREVIACÕES E SÍMBOLOS.....	4
ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS	6
RESUMO.....	27
ABSTRACT	30
1- INTRODUÇÃO	32
1.1. Importância da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)	33
1.2. Análises da Variabilidade da Frequência Cardíaca.....	35
1.3. Variabilidade da Frequência Cardíaca durante a Manobra de Valsalva..	38
1.4. Variabilidade da Frequência Cardíaca durante o Exercício Físico Dinâmico	40
1.5. Variabilidade da Frequência Cardíaca na Identificação do Limiar de Anaerobiose no Exercício Dinâmico.....	42
1.6. Objetivos	46
2 - MATERIAL E MÉTODOS.....	47
2.1 – Voluntários Estudados.....	48
2.1.1. Aspectos éticos	48
2.1.2- Avaliação clínica.....	49
2.2- Planejamento Geral da Investigação.....	51
2.2.1. Manobra de Valsalva (MV)	51
2.2.2. Testes de esforço físico dinâmico	53
2.2.3. Procedimentos gerais.....	57
2.3 - Métodos de Análise.....	65
2.3.1. Análise no domínio do tempo	65
2.3.1.1. Análise da resposta da frequência cardíaca durante a manobra de Valsalva (MV)	65
2.3.1.2. Análise da resposta da frequência cardíaca na determinação do limiar de anaerobiose (LA).....	66

2.3.1.3. Análise das variáveis ventilatórias na determinação do limiar de anaerobiose (LA).....	71
2.3.1.4. Análise da variabilidade da frequência cardíaca em repouso e durante o teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) pelo cálculo dos índices temporais (RMSM e RMSSD)	72
2.3.2. Análise no domínio da frequência	73
2.3.2.1. Análise da variabilidade dos IRR (ms) obtidos durante a execução do teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) protocolo I.....	73
2.4. Metodologia Estatística	75
3- RESULTADOS.....	78
3.1. Voluntários Estudados.....	79
3.2 – Variabilidade da Frequência Cardíaca no Repouso	80
3.2.1. No domínio do tempo	80
3.2.1.1. Índices temporais (RMSM e RMSSD)	83
3.3. Variabilidade da frequência cardíaca durante a manobra de Valsalva....	86
3.3.1. Índices e deltas da frequência cardíaca durante a manobra de Valsalva	87
3.4. Variabilidade da frequência cardíaca durante o exercício físico dinâmico descontínuo.....	91
3.4.1. No domínio do tempo	91
3.4.1.1. Ajuste da regressão linear da resposta da frequência cardíaca (método dos mínimos quadrados).....	95
3.4.1.2. Ajuste dos modelos autorregressivos-integrados-médias móveis (ARIMA) aos dados da resposta da frequência cardíaca durante o exercício físico (protocolos I e II)	99
3.4.1.3. Ajuste dos modelos autorregressivos-integrados-médias móveis (ARIMA) aos dados da resposta da frequência cardíaca durante o Protocolo III	107
3.4.1.4. Análise do limiar de anaerobiose pelos métodos ARIMA e ventilatório	108

3.4.1.5. Índices de variabilidade da frequência cardíaca.....	110
3.4.2. Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca no Domínio da Frequência	121
3.4.2.1. Valores absolutos das áreas espectrais.....	121
3.4.2.2. Valores relativos das áreas espectrais.....	130
4. DISCUSSÃO	135
4.1. Estudo do Comportamento da Frequência Cardíaca em Repouso	136
4.2. Resposta de Frequência Cardíaca Durante a Manobra de Valsalva.....	139
4.3. Resposta da Frequência Cardíaca nos Domínios do Tempo e Frequência Durante o Exercício Físico Dinâmico.....	141
4.3.1. Estudo dos índices de variabilidade da frequência cardíaca.....	141
4.3.2. Estudo dos índices espectrais.....	143
4.3.3. A aplicação de modelos matemáticos na resposta da frequência cardíaca em exercício para a identificação do limiar de anaerobiose	144
4.3.3.1. Regressão linear (método dos mínimos quadrados) na detecção do limiar de anaerobiose	146
4.3.3.2. Modelos autorregressivos-integrados-médias móveis (arima) na detecção do limiar de anaerobiose.....	147
4.3.4. Percentual de frequência cardíaca e de potência de esforço físico em relação aos valores pico: úteis para prescrever exercício físico.....	150
5. CONCLUSÕES	152
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155
APÊNDICE I	168
APÊNDICE II	170
APÊNDICE III	173
APÊNDICE IV.....	179
APÊNDICE V.....	207

ABREVIações E SÍMBOLOS

AF = alta frequência

ARIMA = modelos autorregressivos-integrados- médias móveis

ATP = adenosina trifosfato

β = coeficiente angular da reta

BF = baixa frequência

bpm = batimentos por minuto

cm = centímetros

CO₂ = gás carbônico

DEP = densidade espectral de potência

ECG = eletrocardiograma

FAC = função de autocorrelação

FACP = função de autocorrelação parcial

FC = frequência cardíaca

FC_{máx} = maior valor absoluto de frequência cardíaca

FC_{mín} = menor valor absoluto de frequência cardíaca

Hz = Hertz

IRR = intervalo RR

IRR_{máx} = maior intervalo RR

IRR_{min} = menor intervalo RR

l/min = litros por minutos

Kg = quilograma

LA = limiar de anaerobiose

MC5 = manúbrio, "chest" (tórax) e 5º espaço intercostal

min = minutos

mín = mínimo

MF = média frequência

mmHg = milímetros de mercúrio

ms = milissegundos

MV = manobra de Valsalva

O₂ = oxigênio

PA = pressão arterial

PAD = pressão arterial diastólica

PAS = pressão arterial sistólica

QMR = quadrado médio dos resíduos

s = segundos

RMSM = raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças dos valores individuais em relação ao valor médio dividido pelo número de IRR em quinze min em repouso (supina e sentada) e em 12 min.

RMSSD = raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os IRR no registro divididos pelo número de IRR em quinze min (repouso) e em 12 min (protocolo I) menos um IRR.

rpm = rotações por minuto

SNA = sistema nervoso autônomo

SNC = sistema nervoso central

TEFD = teste de esforço físico dinâmico

TEFDD = teste de esforço físico dinâmico descontínuo

TRF = transformada rápida de Fourier

$\dot{V}$ = ventilação

$\dot{V}_{CO_2}$ = produção de gás carbônico

VFC = variabilidade da frequência cardíaca

$\dot{V}_{O_2}$ = consumo de oxigênio

W = Watts

ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

- TABELA 1:** Dados dos Coeficientes angulares da reta (β), coeficientes de correlação (r), desvios padrão (DP) do ajuste linear da resposta da FC obtida em cada potência dos testes de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), de um voluntário do grupo jovem (AJCL). Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 96
- TABELA 2:** Dados dos coeficientes angulares da reta (β), coeficientes de correlação (r) e desvios padrão (DP) do ajuste linear da resposta da FC obtida em cada potência dos testes de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), de um voluntário do grupo de meia-idade (JWME). Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 97
- TABELA 3:** Valores absolutos da frequência cardíaca em batimentos por minuto (bpm) e do nível de esforço físico em Watts (W) os quais ocorreu o limiar de anaerobiose (LA) em voluntários jovens (J) e de meia-idade (MI), obtidos através do método ARIMA, durante os protocolos I (com potências progressivas) e III (potências progressivas e com o uso do analisador de medidas ventilatórias e metabólicas). 107

TABELA 1A: Características antropométricas, idade observadas nos voluntários estudados (grupo jovem N = 10 e grupo meia-idade N = 11).....	180
TABELA 2A: Pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), frequência cardíaca (FC) na condição de repouso e nível de atividade física de ambos grupos estudados (grupo jovem N =10 e meia-idade N =11).....	181
TABELA 3A: Valores das potências e frequência cardíaca (FC) pico atingidos no teste de esforço físico dinâmico contínuo (TEFDC) de todos os voluntários e potências e frequências médias, no intervalo do 1 ^o ao 12 ^o minuto de esforço físico, atingidas na potência do LA, e a porcentagem da potência e da FC no LA em relação ao TEFDC grupo de meia-idade.....	182
TABELA 4A: Valores das potências e frequência cardíaca (FC) pico atingidos no teste de esforço físico dinâmico contínuo (TEFDC) de todos os voluntários e potências e frequências atingidas na potência do LA, e a porcentagem da potência e da FC no LA em relação ao TEFDC grupo jovem.....	183
TABELA 5A: Condições ambientais médias mantidas durante a realização dos procedimentos experimentais em voluntários jovens e de meia-idade.	184
TABELA 6A: Valores individuais dos deltas e dos índices de Valsalva calculados a partir dos intervalos RR (IRR) em milisegundos (ms) e da frequência cardíaca em batimentos minutos (bpm) dos voluntários estudados.	185

TABELA 7A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário EFM.). Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 186

TABELA 8A : Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário FDM.). Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 186

TABELA 9A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário HBF.). Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 187

TABELA 10A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário MAN.). Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 187

TABELA 11A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário WJBS. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 188

TABELA 12A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário FV.). Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 188

TABELA 13A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário DB. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 189

TABELA 14A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário LGP. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 189

TABELA 15A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário MRC. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 190

TABELA 16A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário ADS. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 190

TABELA 17A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário ACC. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 191

TABELA 18A Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário MAF. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 191

TABELA 19A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário MABC. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 192

TABELA 20A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário PCB. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 192

TABELA 21A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário CAC. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 193

TABELA 22A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário MR. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 193

TABELA 23A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário JAC. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 194

TABELA 24A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário CRB. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$ 194

TABELA 25A: Resultados dos ajustes dos modelos autoregressivos integrados de médias móveis (ARIMA) ao conjunto de dados de frequência cardíaca em todas as potências realizadas pelos voluntários do grupo jovem, onde o comportamento da frequência cardíaca começava apresentar tendência, ou seja no limiar anaeróbio. Potência em Watts, modelo (ARIMA), coeficientes de diferenciações e QMR= quadrado médio dos resíduos. 195

TABELA 26A: Resultados dos ajustes dos modelos autoregressivos integrados de médias móveis (ARIMA) ao conjunto de dados de frequência cardíaca em todas as potências realizadas pelos voluntários do grupo de meia-idade, onde o comportamento da frequência cardíaca começava apresentar tendência, ou seja no limiar anaeróbio. Potência em Watts, modelo (ARIMA),

coeficientes de diferenciações e QMR= quadrado médio dos resíduos.	196
TABELA 27A: Valores do índice de variabilidade da frequência cardíaca (RMSM) dos voluntários do grupo jovem na condição de repouso e exercício físico (protocolo I):.....	197
TABELA 28A: Valores do índice de variabilidade da frequência cardíaca (RMSSD) dos voluntários do grupo jovem na condição de repouso e exercício físico (protocolo I):.....	198
TABELA 29A: Valores do índice de variabilidade da frequência cardíaca (RMSM) dos voluntários do grupo de meia-idade na condição de repouso e exercício físico (protocolo I):.....	199
TABELA 30A: Valores do índice de variabilidade da frequência cardíaca (RMSSD) dos voluntários do grupo de meia-idade na condição de repouso e exercício físico (protocolo I):.....	200
TABELA 31A: Valores absolutos das áreas espectrais de total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF), do grupo de meia-idade (N=5) durante o repouso e durante as potências do testes de esforço físico dinâmico (protocolo I)	201
TABELA 32A: Valores de mediana, mínimo, máximo, 1º Quartil (Q1), 3º Quartil (Q3) e desvio padrão (DP) referentes aos valores absolutos das áreas espectrais de total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF), do grupo de meia-idade (N=5) durante o repouso e durante as potências do testes de esforço físico dinâmico (protocolo I)	202

TABELA 33A: Valores absolutos das áreas espectrais de total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF), de alta frequência (AF), durante o repouso e durante o grupo jovem (N=5) nas potências do testes de esforço físico dinâmico (protocolo I) ...	203
TABELA 34A: Valores de mediana, mínimo, máximo, 1º Quartil (Q1), 3º Quartil (Q3) e desvio padrão (DP) referentes aos valores absolutos das áreas espectrais de total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) , do grupo jovem (N=5) durante o repouso e durante as potências do testes de esforço físico dinâmico (protocolo I).....	204
TABELA 35A: Valores relativos (%) das áreas espectrais de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%), do grupo jovem (N=5) durante o repouso e durante as potências do testes de esforço físico dinâmico (protocolo I)	205
TABELA 36A: Valores relativos (%) das áreas espectrais de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%), do grupo de meia-idade (N=5) durante o repouso e durante as potências do testes de esforço físico dinâmico (protocolo I) ...	206
FIGURA 1: Representação esquemática do teste de esforço físico dinâmico em degraus contínuos (duração de três minutos cada estágio) com incrementos de 25 Watts (W).	50
FIGURA 2: Ilustração dos equipamentos e da montagem experimental para a realização da manobra de Valsalva. A: medidor anaeróide de pressão; B: clipe nasal e C: monitor cardíaco.	52
FIGURA 3: Representação esquemática do teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD), com potências progressivas de	

- incrementos de 10 Watts (W), duração de 13 minutos e com períodos variáveis de repouso, interpostos entre os níveis de esforço físico. 54
- FIGURA 4: Representação esquemática do teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD), com potências alternadas, duração de 13 minutos em cada nível de esforço físico e com períodos variáveis de repouso, interpostos entre os níveis de esforço físico..... 55
- FIGURA 5: Ilustração dos equipamentos e da montagem experimental para realização dos testes de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) nos protocolos I e II. A: Bicicleta de frenagem eletromagnética; B: monitor cardíaco e C: microcomputador.... 60
- FIGURA 6: Ilustração dos equipamentos e da montagem experimental para realização do teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) nos protocolos III e IV. A: Bicicleta de frenagem eletromagnética; B: monitor cardíaco e C: analisador de medidas metabólicas e ventilatórias. Fotografia cedida por Catai, 1999. 61
- FIGURA 7: Ilustração da forma de aquisição do ECG e da frequência cardíaca (FC), batimento a batimento, em tempo real, durante o teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD). 64
- FIGURA 8: Amostra da tela do Analisador Gráfico de Eletrocardiograma contendo informações do protocolo utilizado, planilha de dados absolutos de frequência cardíaca (FC) batimento a batimento e os gráficos das respostas da FC em batimentos por minutos de um dos voluntários estudados (MRC), durante os testes de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD). 67

- FIGURA 9: Amostra da tela do Analisador Gráfico de Eletrocardiograma contendo informações do protocolo utilizado, planilha de dados e os gráficos das respostas da frequência cardíaca (FC) em batimentos por minutos de um dos voluntários estudados (MRC), durante os testes de esforço físico dinâmico, após o cálculo das médias da FC a cada 2 s. 68
- FIGURA 10: Representação do ajuste dos modelos autoregressivos integrados médias móveis (ARIMA) aos dados de frequência cardíaca (FC) alisados, obtidos durante a execução de exercício físico na potência de 45 Watts, de um dos voluntários estudados (MRC)..... 70
- FIGURA 11: Espectros de potência dos intervalos RR (IRR) obtidos de um dos voluntários estudados (ADS) durante a execução da potência de 65 Watts..... 74
- FIGURA 12: Índices espectrais dos intervalos RR (IRR) obtidos de um dos voluntários estudados (ADS) durante a execução da potência de 65 Watts. 75
- FIGURA 13: Análise descritiva do delta de Valsalva calculado a partir dos intervalos RR (IRR) quanto à forma de distribuição. 77
- FIGURA 14: Registro de controle da frequência cardíaca, batimento a batimento, de um voluntário do grupo jovem (MRC) na posição supina, durante 15 min, antes da execução dos testes de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD)..... 81
- FIGURA 15: Registro de controle da frequência cardíaca, batimento a batimento, de um voluntário do grupo de meia-idade (MABC) na

posição supina, durante 15 min, antes da execução dos testes de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD). 82

FIGURA 16: Frequência cardíaca, em batimentos por minutos (bpm), observados durante um período de 15 minutos de repouso, nas posições supina e sentada, nos grupos jovem (N= 10) e de meia-idade (N=11). Nível de significância $\alpha = 0,05$ 83

FIGURA 17: RMSM dos intervalos RR em milisegundos (ms) dos voluntários (jovem N = 10 e meia-idade N = 11), estudados em repouso nas posições supina e sentada. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 84

FIGURA 18: RMSSD dos intervalos RR (IRR) em milisegundos (ms) dos voluntários (jovem N = 10 e meia-idade N = 11) estudados em repouso nas posições supina e sentada. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 85

FIGURA 19: Resposta da frequência cardíaca em tempo real, batimento a batimento, obtida de um dos voluntários do grupo jovem (WJBS) antes, durante e após a manobra de Valsalva. 86

FIGURA 20: Deltas da frequência cardíaca (FC) em batimentos por minutos (bpm) durante a manobra de Valsalva (MV) obtidos dos grupos jovem (N =10) e de meia-idade (N = 11). Nível de significância $\alpha = 0,05$ 88

FIGURA 21: Índices de Valsalva obtidos da frequência cardíaca (FC), dos grupos jovem (N = 10) e de meia-idade (N = 11) durante a manobra de Valsalva (MV). Nível de significância $\alpha = 0,05$ 89

- FIGURA 22: Deltas dos intervalos RR (IRR) em milisegundos (ms), dos grupos jovem (N = 10) e de meia-idade (N = 11) durante a manobra de Valsalva (MV). Nível de significância $\alpha = 0,05$ 90
- FIGURA 23: Índices de Valsalva obtidos dos intervalos RR (IRR) em milisegundos (ms), dos grupos jovem (N = 10) e de meia-idade (N = 11) durante a manobra de Valsalva (MV). Nível de significância $\alpha = 0,05$ 91
- FIGURA 24: Resposta da frequência cardíaca captada em tempo real, batimento a batimento, durante o teste de esforço físico dinâmico (TEFDD) com potências progressivas de 25, 35, 45, 55, 65, 75, 70, 80 e 85 Watts (protocolo I), realizadas por um voluntário do grupo jovem (AJCL)..... 93
- FIGURA 25: Resposta da frequência cardíaca captada em tempo real batimento a batimento, durante o teste de esforço físico dinâmico (TEFDD) com potências progressivas de 25, 35, 45, 55, 50, 60 e 65 Watts (protocolo I), realizadas por um voluntário de meia-idade (JWME)..... 94
- FIGURA 26: Representação gráfica e os valores do ajuste, por regressão linear, da resposta da frequência cardíaca do 1° ao 13° min de esforço físico, na potência de 90 Watts (W) dos protocolos I e II do TEFDD, com potências alternadas, em um dos voluntários estudados (FDM)..... 98
- FIGURA 27: Quadrado médio dos resíduos (QMR) no momento em que ocorreu o limiar de anaerobiose (LA), durante os testes de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) protocolos I e II dos grupos jovem (N = 9) e de meia-idade (N = 9). Nível de significância $\alpha = 0,05$ 100

- FIGURA 28: Frequência cardíaca em batimentos por minuto (bpm) observada nos grupos jovem e de meia-idade, ao nível de esforço físico em que ocorreu o limiar de anaerobiose (LA). Nível de significância $\alpha = 0,05$ 102
- FIGURA 29: Dados percentuais (%) de frequência cardíaca no limiar de anaerobiose (LA), em relação à frequência cardíaca pico, atingida no teste de esforço físico dinâmico contínuo pelos voluntários nos grupos jovem (N = 9) e de meia-idade (N = 9). Nível de significância $\alpha = 0,05$ 103
- FIGURA 30: Nível de potências em Watts (W) de esforço físico em que ocorreu o limiar de anaerobiose (LA), observados nos grupos jovem (N = 9) e de meia-idade (N = 9). Nível de significância $\alpha = 0,05$ 105
- FIGURA 31: Dados percentuais da potência de esforço físico no limiar de anaerobiose (LA), em relação à potência pico atingida pelos voluntários dos grupos jovem (N = 9) e de meia-idade (N = 9), durante o teste de esforço físico dinâmico contínuo. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 106
- FIGURA 32: Potência de esforço físico em Watts realizadas pelo voluntário DB durante o protocolo IV e os valores do limiar de anaerobiose (LA) obtidos pela análise da VFC (método ARIMA) (LA - FC) e pelo método ventilatório (LA - $\dot{V}O_2$). 109
- FIGURA 33: Potência de esforço físico em Watts realizadas pelo voluntário WJBS durante o protocolo IV e os valores do limiar de anaerobiose (LA) obtidos pela análise da VFC (método ARIMA) (LA - FC) e pelo método ventilatório (LA - $\dot{V}O_2$). 110

- FIGURA 34: Valores individuais dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milisegundos (RMSM) de um voluntário do grupo jovem nas condições de repouso e durante as potências de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) no protocolo I. O nível do limiar de anaerobiose (LA), a partir da análise da VFC (método ARIMA), está assinalado no gráfico. 111
- FIGURA 35: Valores individuais dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milisegundos (RMSM) de um voluntário do grupo de meia-idade nas condições de repouso e durante as potências de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) no protocolo I. O nível do limiar de anaerobiose (LA), a partir da análise da VFC (método ARIMA), está assinalado no gráfico. 112
- FIGURA 36: Valores dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milisegundos (RMSM) dos voluntários do grupo jovem (N = 10), durante as potências do protocolo I realizadas em comum por todos os voluntários estudados. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 114
- FIGURA 37: Valores dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milisegundos (RMSSD) dos voluntários do grupo jovem (N = 10), durante as potências do protocolo I, realizadas em comum, por todos os voluntários estudados. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 115
- FIGURA 38: Valores dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milisegundos (RMSM) dos voluntários do grupo de meia-idade (N = 11), durante as

potências do protocolo I, realizadas em comum por todos os voluntários estudados. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 117

FIGURA 39: Valores dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milisegundos (RMSSD) dos voluntários do grupo de meia-idade (N = 11), durante as potências do protocolo I, realizadas em comum por todos os voluntários estudados. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 118

FIGURA 40: Comparação dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milisegundos (RMSM) dos voluntários do grupo jovem (N = 10) e de meia-idade (N = 11), durante as potências do protocolo I, realizadas em comum por todos os voluntários estudados. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 119

FIGURA 41: Comparação dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milisegundos (RMSSD) dos voluntários do grupo jovem (N = 10) e de meia-idade (N = 11), durante as potências do protocolo I, realizadas em comum por todos os voluntários estudados. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 120

FIGURA 42: Valores absolutos das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF), obtidas dos intervalos RR (IRR) de um voluntário do grupo jovem (HBF), durante o TEFDD (protocolo I). A potência de esforço físico em que ocorreu o limiar de anaerobiose (LA), a partir da análise da VFC (método ARIMA), está assinalada no gráfico. 122

- FIGURA 43: Valores absolutos das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF), obtidas dos intervalos RR (IRR) de um voluntário do grupo de meia-idade (ADS), durante o TEFDD (protocolo I). A potência de esforço físico em que ocorreu o limiar de anaerobiose (LA), a partir da análise da VFC (método ARIMA), está assinalada no gráfico. 123
- FIGURA 44: Valores das áreas espectrais totais em ms x ms, obtidos dos IRR dos voluntários dos grupos jovem (N=5) e de meia-idade (N=5), durante as potências de esforço físico estudadas no protocolo I. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 124
- FIGURA 45: Valores das áreas espectrais de baixa frequência (BF) em ms x ms, obtidos dos IRR dos voluntários dos grupos jovem (N= 5) e do grupo de meia-idade (N= 5), durante as potências do protocolo I. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 126
- FIGURA 46: Valores das áreas espectrais de média frequência (MF) em ms x ms, obtidos dos IRR dos voluntários dos grupos jovem (N= 5) e de meia-idade (N= 5), durante as potências aplicadas, no protocolo I. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 127
- FIGURA 47: Valores das áreas espectrais de alta frequência (AF) em ms x ms, obtidos dos IRR dos voluntários dos grupos jovem (N = 5) e de meia-idade (N = 5), durante as potências aplicadas no protocolo I. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 129
- FIGURA 48: Valores relativos das áreas espectrais de baixa frequência (BF%) obtidos dos IRR dos voluntários dos grupos jovem (N = 5) e de meia-idade (N = 5), durante as potências aplicadas no protocolo I. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 131

- FIGURA 49: Valores relativos das áreas espectrais de baixa frequência (MF%) obtidos dos IRR dos voluntários dos grupos jovem (N = 5) e de meia-idade (N = 5), durante as potências aplicadas no protocolo I. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 132
- FIGURA 50: Valores relativos das áreas espectrais de alta frequência (AF%) obtidos dos IRR dos voluntários dos grupos jovem (N = 5) e de meia-idade (N = 5), durante as potências aplicadas no protocolo I. Nível de significância $\alpha = 0,05$ 134
- FIGURA 1A: Variáveis ventilatórias (VO_2 e RER) obtidas durante a realização do teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo (rampa) de um dos voluntários estudados (DB). 208
- FIGURA 2A: Variáveis ventilatórias (VCO_2 e VE) obtidas durante a realização do teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo (rampa) de um dos voluntários (DB). 209
- FIGURA 3A: Variáveis ventilatórias (O_2 VE e CO_2 VE) obtidas durante a realização do teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo (rampa) de um dos voluntários (DB). 210
- FIGURA 4A: Variáveis ventilatórias (VO_2 /KGml/min/Kg e VO_2 STPD) obtidas durante a realização do teste de esforço físico (TEFD) dinâmico contínuo (rampa) de um dos voluntários (DB). 211
- FIGURA 5A: Variáveis ventilatórias (VO_2 e RER) obtidas durante a realização do teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo (rampa) de um dos voluntários (WJBS). 212
- FIGURA 6A: Variáveis ventilatórias (VCO_2 e VE) obtidas durante a realização do teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo (rampa) de um dos voluntários (WJBS). 213

- FIGURA 7A: Variáveis ventilatórias (O_2 VE e CO_2 VE) obtidas durante a realização do teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo (rampa) de um dos voluntários (WJBS). 214
- FIGURA 8A: Variáveis ventilatórias (VO_2 /KGml/min/Kg e VO_2 STPD) obtidas durante a realização do teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo (rampa) de um dos voluntários estudados (WJBS). . 215
- FIGURA 9A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (EFM). ... 219
- FIGURA 10A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (FDM). ... 216
- FIGURA 11A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (MAN). ... 216
- FIGURA 12A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (WJBS).. 217
- FIGURA 13A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo de meia-idade (ACC). 217
- FIGURA 14A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas através dos intervalos IRR de um voluntário do grupo de meia-idade (CAC). 218

- FIGURA 15A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo de meia-idade (MAF). 218
- FIGURA 16A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas através dos intervalos IRR de um voluntário do grupo de meia-idade (MABC). 219
- FIGURA 17A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (EFM). 220
- FIGURA 18A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (FDM). 220
- FIGURA 19A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (HBF). 221
- FIGURA 20A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (MAN). 221
- FIGURA 21A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%)

obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (WJBS).....	222
FIGURA 22A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos IRR de um voluntário do grupo de meia-idade (ADS).....	222
FIGURA 23A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo de meia-idade (ACC).....	223
FIGURA 24A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo de meia-idade (CAC).....	223
FIGURA 25A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo de meia-idade (MABC).....	224
FIGURA 26A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo de meia-idade (MAF).....	224

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo estudar a resposta da frequência cardíaca durante o repouso, a manobra de Valsalva e determinar os padrões da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), nos domínios do tempo e da frequência, durante a execução de exercício físico dinâmico de intensidades progressivas crescentes e alternadas, em voluntários sadios. Foram estudados 21 (vinte e um) voluntários considerados normais, do sexo masculino, com padrão ativo de vida; destes, dez eram pessoas jovens (J), com idades compreendidas entre 20 e 24 anos (mediana = 22,5) e onze outros eram pessoas de meia-idade (MI), com idades compreendidas entre 40 e 46 anos (mediana = 43). Os voluntários foram submetidos a: a) condição controle de repouso, nas posições supina e sentada; b) manobra de Valsalva (MV); c) Protocolo I: Teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) com potências progressivas: potência inicial de 25 Watts (W) e incrementos de 10 em 10 W; d) Protocolo II: TEFDD com potências alternadas; e) Protocolo III: TEFDD com potência progressivas com medidas metabólicas: repetiu-se o protocolo I, utilizando-se a análise das variáveis ventilatórias; f) Protocolo IV: teste de esforço físico dinâmico contínuo em rampa, com medidas metabólicas: incrementos contínuos de 10 W a cada minuto, até a exaustão física. Antes de cada protocolo experimental os voluntários permaneceram por 15 minutos na condição de

repouso supina e sentada. Os protocolos de TEFDD foram realizados em bicicleta de frenagem eletromagnética na posição sentada, e durante todos os protocolos experimentais a FC foi registrada e armazenada, batimento a batimento, em tempo real. A análise no domínio do tempo constou de: ajustes dos modelos autorregressivos-integrados-médias móveis (ARIMA) para verificar o LA através da variabilidade da FC (protocolos I, II, III), cálculos dos índices de variabilidade (RMSM e RMSSD) dos intervalos RR (IRR) obtidos durante o repouso e durante potências dos TEFDD (protocolo I), cálculos dos deltas e índices de Valsalva. Por outro lado, para a análise no domínio da frequência utilizou-se a transformada rápida de Fourier (TRF). Os resultados na condição de repouso mostram que os valores absolutos da FC são maiores na postura sentada comparativamente à postura supina para ambos os grupos ($P < 0,05$); existe uma maior VFC no grupo J ($P < 0,05$); e que as áreas de AF são maiores nos voluntários J comparativamente aos voluntários de MI. Os resultados dos TEFDD, mostram que as potências de esforço físico expressas em mediana nas quais ocorreu o LA foram similares para o grupo J, onde o LA ocorreu em 75 e 85 W e para o grupo de MI em 60 e 75 W nos protocolos I e II ($P > 0,05$), respectivamente; os índices espectrais não mostram diferenças estatisticamente significantes nas potências de esforço físico e entre os grupos estudados ($P > 0,05$). Os resultados obtidos a partir da FC durante a MV sugerem que o índice de Valsalva expressa melhor as diferenças de respostas entre os grupos estudados do que deltas (incrementos), uma vez que os valores (medianas) dos índices de Valsalva

calculados com os dados de FC ($J = 2,01$ e $MI = 1,75$) e com os IRR ($J = 2$ e $MI = 1,70$) foram estatisticamente diferentes ($P < 0,05$). Os nossos resultados suportam a idéia de que os voluntários de MI possuem: 1) menor VFC (repouso, TEFDD) e menor resposta reflexa à MV, o que reflete uma diminuição da atividade parassimpática atuante sobre o nóculo sinoatrial e 2) menor nível do LA, expresso em potência, comparativamente aos voluntários J, refletindo uma menor capacidade aeróbia em tais voluntários. O método ARIMA mostrou um melhor ajuste ao conjunto de dados em relação a regressão linear (método dos mínimos quadrados) e a transformada rápida de Fourier, no que diz respeito à mudança do padrão de VFC, que expressa o limiar de anaerobiose.

ABSTRACT

The main objective of this study was to determine heart rate variability (HRV) patterns of healthy volunteers, in the time and frequency domains, during the execution of dynamic physical exercise tests (DPET), both with increasing and alternating intensity. Twenty-one healthy male volunteers with an active style of life were studied. Ten of them were young (Y) volunteers, 20-24 years old (median = 22.5) and eleven were middle-aged (MA), 40-46 years old (median = 43). The volunteers were submitted to five experimental protocols, as follows: a) Valsalva maneuver (VM); b) protocol I: discontinuous DPET (DDPET), with progressive workload: 25 Watts (W) initial workload with increments of 10 W; c) protocol II: DDPET using the same workloads as protocol I, but applied with alternating intensity; d) protocol III: DDPET with progressive workload and metabolic measurements: protocol I was repeated, together with ventilatory analysis; e) protocol IV: continuous DPET (CDPET) with metabolic measurements: continuously rising workload of 10 W per minute, until physical exhaustion. Before each experimental protocol, the volunteers rested in supine and sitting positions for 15 minutes. The DPET protocols were performed on a cycle ergometer in a sitting position, and during all experiments the heart rate (HR) was recorded and stored beat by beat, in real time. The time domain analysis was based on: autorregressive moving average model (ARIMA) fitting, to find the anaerobic threshold (AT) from the

HRV (protocol I, II, III), calculation of HRV index (RMSM and RMSSD) from the RR intervals (RRI) recorded during resting and workload (protocol I), the calculation of the Valsalva deltas and indices (VI). In the case of the frequency domain, the analysis was done by fast Fourier transform (FFT). The results obtained in resting conditions showed that the HR was greater in the sitting than in the supine position, in both groups ($P < 0.05$), there was a bigger HRV in group Y ($P < 0.05$) and the high frequency spectral areas are bigger in Y than in MA volunteers. The DPET experiments showed that the median physical exercise workloads at which AT occurred were similar for protocols I and II ($P > 0.05$), i.e., for group Y the AT occurred between 75 and 85 W and for group MA between 60 and 75 W, in protocols I and II, respectively. The spectral analysis showed no statistically significant differences among the physical exercises or the groups studied ($P > 0.05$). The results from the VM protocol suggest that the VI distinguishes the study groups better than the Valsalva delta, since the VI of the HR ($Y = 2.01$ and $MA = 1.75$) and the VI of the RRI ($Y = 2$ and $MA = 1.70$) were statistically different ($P < 0.05$). Our results lend support to the idea that the MA volunteers have: 1) smaller HRV (resting and DPET) and lower reflex response to VM, reflecting a fall in a parasympathetic acting on the sinoatrial node; 2) lower AT, expressed in Watts, compared to the Y volunteers. The ARIMA method proved superior to other methods, such as linear regression (least squares method) and FFT, in evaluating the HRV pattern changes, which indicative the anaerobic threshold during the DDPET.

1- INTRODUÇÃO

1.1. Importância da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

O coração, principal órgão responsável pela movimentação do sangue no organismo humano, recebe dupla inervação, correspondente aos sistemas nervoso simpático e parassimpático (vago) (JANIG, 1991; GUYTON & HALL, 1998). A complexa interação entre eles resulta uma significativa variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Frente a um estímulo externo como o exercício físico, observa-se que a resposta parassimpática é mais precoce e rápida do que a simpática (SILVA, 1988; LEVY, 1990; CATAI, 1992; GALLO Jr.1 et al., 1995; CHACON-MIKAHIL et al., 1998; CATAI, 1999). Um aspecto relevante dos sistemas acima relacionados é a lateralidade, o sistema parassimpático tem efeitos predominante do lado direito do sistema nervoso central (SNC) e o sistema simpático predominância do lado esquerdo do SNC. Outro aspecto seria que a eferência do sistema parassimpático tem ação predominantemente sobre o nódulo sinoatrial e a do simpático atua preferencialmente sobre o nódulo atrioventricular (NATHELSON, 1985; GUYTON & HALL, 1996). Porém, quando se considera as vias eferentes nas conexões entre o SNC e o controle do sistema cardiovascular, os nervos vagos carregam impulsos não só para os nódulos sinoatrial e atrioventricular e para os átrios, mas também exercem efeitos sobre os ventrículos, fato este ainda pouco esclarecido. Por

outro lado os nervos simpáticos distribuem-se para todo o aparelho circulatório (JUNQUEIRA Jr., 1990).

As primeiras informações de que o sistema cardiovascular, ao ser modulado pelo sistema nervoso simpático e parassimpático, era capaz de modificar a VFC foram apresentadas por HON & LEE (1965) que observaram no sofrimento fetal à concomitância de distúrbios nos intervalos RR (IRR) entre os batimentos cardíacos. Na década de 70, EWING et al., (1985) observaram em pacientes diabéticos, com diferentes graus de disautonomia do sistema cardiovascular, ocorrência de diferentes padrões de variabilidade dos IRR. A associação entre diminuição da VFC e mortalidade em pacientes pós-infartados foi primeiramente demonstrada por WOLF et al. (1978). Atualmente, com o auxílio dos computadores digitais, ocorre uma grande ampliação do estudo da VFC, utilizando-se algoritmos nos domínios da frequência e do tempo, fazendo uso da frequência cardíaca (FC) ou dos IRR, em condições normais e patológicas (LEITE, 1986; TILLER et al.; 1996; LIPORONE et al.; 1997).

Estudos mais recentes verificaram que a diminuição do tônus parassimpático, ou seja, da VFC é observado após o infarto do miocárdio (ROTHSCHILD et al., 1988), na hipertensão arterial sistêmica (MALLIANI, et al., 1991) e na síndrome da insuficiência cardíaca (SAUL et al., 1988). A faixa etária também promove modificações autonômicas do controle cardiovascular, mensuráveis por mudanças na VFC. Observa-se, que com o

incremento de idade ocorre uma diminuição do tônus vagal e da VFC na condição de repouso (GREGOIRE et al. 1996; TULPPO et al., 1998).

1.2. Análises da Variabilidade da Frequência Cardíaca.

Para se escolher a forma de análise da VFC a ser utilizada em determinada condição fisiológica, deve-se considerar o tipo de registro que foi realizado. Estes, podem ser de curta (5 a 30 minutos) ou de longa duração (24 horas) e realizados durante o repouso ou durante um estímulo, como as manobras respiratórias ou o exercício físico.

Portanto, uma variável periódica pode ser analisada em função do tempo ou em função da frequência na qual o evento ocorre. Muitos dos sinais biológicos são definidos como quase periódicos, isto é, eles variam de maneira repetitiva em tempos quase regulares (LONGO, FERREIRA & CORREIA, 1992). Portanto, os métodos de análise da VFC também podem ser conduzidos nos domínios do tempo e/ou da frequência.

A análise dos fenômenos periódicos nos domínios do tempo e da frequência são de fundamental importância para o estudo da VFC. Muitos fenômenos são conjuntos de ritmos e a medida de um fenômeno rítmico é feita por meio da caracterização dos ciclos, e o período de tempo necessário para que transcorra um ciclo correspondente.

O método no domínio do tempo é o mais simples, onde a VFC, ou seja, qualquer ponto no tempo ou os IRR correspondentes podem ser determinados, expressando uma das maneiras de se quantificar a variável no respectivo domínio. Baseia-se em cálculos estatísticos simples realizados nas séries de IRR obtidas. Existem vários tipos de análises disponíveis para o estudo das variáveis chamadas temporais, aquelas baseadas nos intervalos entre os batimentos (índices temporais estatísticos paramétricos e não-paramétricos), como média, desvio-padrão, mediana, extremos, quartis inferior e superior e diferença entre o IRR máximo e o IRR mínimo; e as baseadas em comparações dos intervalos de tempo entre ciclos adjacentes como a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças sucessivas do IRR (RMSSD) e a porcentagem da diferença maior que 50 ms entre IRR adjacentes (pNN50) (ANTILA, 1979; JESUS, 1996; LINDQVIST, 1990). Outra ferramenta, a ser lembrada no domínio do tempo, seria o ajuste dos modelos autorregressivos integrados de médias móveis (ARIMA) nos dados de FC, para se fazer previsões e descrever o processo a respeito da séries de dados (BOX-JENKINS, 1970). Estes modelos introduzidos por Box e Jenkins em 1970 incluem parâmetros autorregressivos (p) bem como médias móveis (q), e ainda diferenciações (d) na sua formulação. Especificamente a notação introduzida por tais autores são sumarizadas como ARIMA (p,d,q)

Outra forma de caracterizar os fenômenos rítmicos é através da obtenção do espectro de potência das ondas senóidais, nas frequências que

compõem os ritmos, no domínio do tempo. Para tal, torna-se necessário transformar os ritmos do domínio do tempo para o da frequência, através de vários procedimentos matemáticos (LONGO et al., 1995). Dentre os procedimentos disponíveis no domínio da frequência, há que se destacar o da transformada rápida de Fourier, que permite a obtenção da densidade espectral de potência (DEP). A análise espectral consiste na decomposição de um sinal numa soma de ondas sinusais de diferentes amplitudes e frequências. Esta análise pode ser utilizada como um método não invasivo para se avaliar a integridade da função neurocardíaca, quantificando a modulação simpática e parassimpática em condições fisiológicas e patológicas de doenças cardíacas primárias e secundárias (APPEL et al., 1989; MALLIANI et al., 1991; CRIPPS et al., 1991; FARRELL 1991; KAMATH & FALLEN, 1994; MALIK & CAMM, 1994; CHACON-MIKAHIL et al., 1998).

A DEP pode ser obtida através da análise de sucessivas séries de IRR obtidos, a partir do sinal eletrocardiográfico. Alguns investigadores (AKSELROD et al., 1981; ROLLIN et al., 1995) dividiram o espectro de potência em três principais regiões de frequência: baixa, média e alta. AKSELROD et al., (1981) referem que a região de baixa frequência (BF) varia de 0,01 a 0,08 Hz e é primariamente considerada uma medida da atividade simpática, com um menor componente parassimpático; a região de alta frequência (AF) que varia de 0,15 a 0,5 Hz está associada à chamada arritmia sinusal respiratória e é quase exclusivamente devido à atividade

parassimpática atuante sobre o nódulo sinusal. A relação BF/AF tem sido usada como um indicador do balanço simpátovagal (ORI et al., 1992). A região de média frequência (MF) que varia de 0,08 a 0,15 Hz pode ser considerada como decorrente da modulação dos barorreceptores, que controlam a pressão arterial (KOEPCHEM et al., 1984), e envolve modulação eferente simpática e parassimpática.

1.3. Variabilidade da Frequência Cardíaca durante a Manobra de Valsalva

Os testes da função simpática e parassimpática cardiovasculares são aparentemente simples, quanto à execução, mas podem envolver mecanismos fisiológicos extremamente complexos.

A manobra de Valsalva (MV) é considerada um importante teste para verificação da integridade da inervação cardíaca e é, portanto, relevante na observação da VFC. Consiste numa expiração forçada com a glote fechada, ou em um sistema fechado, até que seja atingida uma pressão previamente estabelecida, provocando um aumento da pressão intratorácica, com conseqüente compressão dos vasos, diminuição do retorno venoso e variações reflexas da FC, por mediação do parassimpático (APPEL et al., 1989; LINDQUIST, 1990; SMITH et al., 1996).

A manobra de Valsalva, pode ser melhor compreendida, quando analisada em quatro fases: a) Fase I - início da manobra ocorre um aumento

da pressão intratorácica que é transmitida às cavidades cardíacas e segmentos intratorácicos dos grandes vasos, provocando elevação transitória da pressão arterial (PA) e concomitantemente queda discreta na FC; b) Fase II - com a manutenção da pressão intratorácica elevada, ocorre um impedimento progressivo ao retorno venoso, no que resulta diminuição da pressão de enchimento ventricular para as câmaras direita e esquerda e conseqüentemente queda da PA, com respostas reflexas causando uma elevação da FC e vasoconstricção periférica, que em conjunto, são responsáveis pela pequena elevação da PA ainda na final desta fase; c) Fase III - após a liberação do esforço expiratório, ocorre um seqüestro de sangue para o leito vascular pulmonar expandido pela súbita queda da pressão intratorácica, efeito que diminui o enchimento ventricular esquerdo provocando queda da PA e elevação da FC; d) Fase IV - poucos segundos após o grande aumento do retorno venoso para o ventrículo direito, é transmitido ao ventrículo esquerdo, que ao ejetar um maior volume sistólico, ainda em vigência de um tônus arteriolar aumentado, provoca uma súbita elevação da PA a valores superiores aos de repouso, no que resulta uma bradicardia reflexa (NISHIMURA & TAJIK, 1983; CASTRO et al., 1992; MARTINELLI, 1996).

O cálculo do Índice de Valsalva, por meio da FC pode ser utilizado como um teste não-invasivo da função autonômica cardíaca, servindo para acompanhar a evolução de pacientes com risco de desenvolver neuropatias autonômicas. O índice de Valsalva foi definido como o valor pico da FC

durante a MV dividido pelo valor mínimo durante o primeiro minuto após o término da MV (GELBER et al., 1997). Valores normais para o índice de Valsalva variaram de 1,31 a 2,97; dependendo da faixa etária dos voluntários, uma vez que o índice de Valsalva decrescia com o aumento da idade (GELBER et al., 1997; FUENMAYOR, ROSALES & FUNMAYOR, 1996).

1.4. Variabilidade da Frequência Cardíaca durante o Exercício Físico Dinâmico

O exercício físico promove mudanças tanto nos valores absolutos como na VFC. A regulação da FC durante o exercício depende de vários mecanismos fisiológicos, agindo sobre o coração, como os fatores humorais e o sistema nervoso autonômico (TULPPO et al., 1996). Durante o exercício dinâmico, o ajuste inicial da FC é dependente da retirada do tônus vagal, enquanto os incrementos subseqüentes são atribuídos a um aumento na atividade dos nervos simpáticos. A modulação entre os dois sistemas (simpático e parassimpático) depende da intensidade do exercício. Fatores humorais como catecolaminas circulantes também podem ter uma função significativa, em relação a eferência neural, na manutenção da taquicardia tardia, após o primeiro minuto e esforço físico (KAMATH & FALLEN, 1994).

O incremento da FC durante a execução de uma atividade física crescente, modulada pelo sistema nervoso simpático e parassimpático, apresenta um crescimento linear, principalmente, quando o voluntário é submetido a uma potência com crescimento em forma de rampa. Nos protocolos descontínuos do tipo degrau documenta-se, no início do esforço um período de latência da FC em torno de 0,5 s, seguido de um marcante aumento, devido quase que exclusivamente à diminuição da estimulação parassimpática sobre o nódulo sinoatrial, conhecido como componente rápido de elevação de FC, que independe da intensidade de potência aplicada (WILLIAMON et al., 1995). Após esse período, nos próximos 60 a 90 s, nota-se um crescimento mais lento da FC, correspondendo à retirada lenta do tônus vagal, o qual já é influenciado parcialmente pela atividade física. Em esforços de baixa potência, após o pico precoce de elevação da FC, ocorre uma redução de valores desta variável em direção à condição de equilíbrio dinâmico, entre 1,8 a 3,7 min. Já em níveis de potências mais elevadas, ocorre uma elevação da FC, que se deve ao predomínio da atividade simpática, denominado componente lento de elevação da FC, que impede a estabilização desta variável, enquanto durar o exercício físico (MACIEL et al., 1986; GALLO Jr. et al., 1987; SILVA, 1988; GALLO Jr. et al., 1990; CATAI, 1992; GALLO Jr. et al., 1995; CHACON-MIKAHIL et al., 1998; CATAI, 1999).

1.5. Variabilidade da Frequência Cardíaca na Identificação do Limiar de Anaerobiose no Exercício Dinâmico

Durante o exercício físico dinâmico, o trabalho muscular externo só pode se prolongar por mais do que alguns segundos, às custas de um aumento do gasto energético, propiciado pela neo-formação de adenosina-trifosfato (ATP), e consequentemente transformação de energia química em mecânica. Somente o processo aeróbio de formação de ATP, graças à sua eficiência (1 molécula de glicose forma 36 moléculas de ATP nestas circunstâncias) e plasticidade (vários substratos energéticos: glicose, ácido graxos e aminoácidos), é capaz de garantir um aumento progressivo de ATP, à medida que a potência do esforço se eleva (WASSERMAN et al., 1994; BROOKS, 1991; WASSERMAN et al., 1999).

Deve ser enfatizado, que para a produção aeróbia de ATP possa ocorrer, a nível muscular, torna-se necessário a ativação de vários processos de transporte de oxigênio (O_2), das vias aéreas superiores às mitocôndrias, onde o gás carbônico (CO_2) produzido, como produto final do metabolismo, é transportado e removido, em direção oposta ao O_2 . Os processos acima mencionados são efetuados pela ativação dos sistemas respiratório, cardiovascular, sangue (hemoglobina) e músculos em atividade contrátil (incluindo mioglobina e enzimas oxidativas), sempre, sobre o controle hierarquizado do sistema nervoso central (ROWELL, 1986).

Entretanto, mesmo este eficiente mecanismo oxidativo necessita, acima de uma determinada potência de esforço, da participação de um sistema alternativo de formação de ATP: o mecanismo anaeróbio. Este, apesar de ser menos eficiente que o processo oxidativo (18 vezes menos), e de ser dependente de um único substrato (glicose), garante a continuidade do esforço até intensidades de potência iguais ou superiores ao ponto de saturação dos sistemas transportadores de O_2 - o chamado consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) (McARDLE, KATCH & KATCH, 1994).

A potência submáxima, na qual começa a ser ativado, a nível muscular, o mecanismo anaeróbio de formação de ATP, com resultante produção de ácido láctico, corresponde ao que vários autores designam de limiar anaeróbio (LA) (FERRY et al., 1986; WASSERMAN et al., 1986; BROOKS, 1991; WASSERMAN et al., 1999).

Inicialmente, o LA era somente determinado, a partir de métodos invasivos, que detectavam o aumento da concentração sanguínea de ácido láctico, acima de uma determinada potência de esforço. Entretanto, com o passar do tempo, vários estudos demonstraram que o LA, durante o exercício dinâmico, se constituía num importante marcador fisiológico. Esta constatação surgiu a partir de achados que demonstravam a ocorrência, nestas condições, de abrangentes mudanças metabólicas e humorais, bem como do comportamento de várias variáveis relacionadas aos sistemas

nervoso (central e periférico) e cardiorespiratório (GALLO Jr. et al., 1996; CHACON-MIKAHIL et al., 1998) .

A importância da mudança do comportamento das variáveis ventilatórias na determinação do LA já está definitivamente comprovada, como bem demonstram os estudos desenvolvidos pelo grupo do Prof. K. WASSERMAN (1994). Assim, o aumento desproporcional da ventilação pulmonar ($\dot{V}$) e da produção de CO_2 ($\dot{V}_{\text{CO}_2}$), relativamente à elevação linear do $\dot{V}_{\text{O}_2}$, em protocolos contínuos de incremento da potência (tipo rampa ou degrau) permitem a quantificação do LA ventilatório - parâmetro este que se correlaciona com o consumo máximo de O_2 - e que por conseguinte, possibilita a quantificação da capacidade aeróbia em exercício (WASSERMAN et al., 1973; WASSERMAN et al., 1986; WASSERMAN et al., 1999).

Apesar da praticidade e do caráter não invasivo do método ventilatório na determinação do LA, ele ainda é de acesso restrito, mesmo em laboratórios de fisiologia do esforço, por este envolver equipamentos relativamente caros (da ordem de 20 a 50 mil dólares).

Outra forma de caracterizar o LA seria através da VFC, onde se submetendo um indivíduo a níveis de potências de esforço físico submáximas, em degraus descontínuos, iniciando-se de baixas potências para as mais elevadas, (com intervalos de tempo para recuperação das variáveis aos valores basais), podem-se observar duas fases do

comportamento da FC e a influência do sistema simpático e parassimpático sobre estas. 1) A primeira fase é encontrado em baixos níveis de potência abaixo do valor correspondente ao LA, e é caracterizado pela retirada do tônus parassimpático, sobre o nóculo sinusal, com conseqüente taquicardia. Ocorre um rápido incremento da FC, alcançando valor pico por volta dos primeiros 10 a 20 s, e a partir deste ponto documenta-se uma estabilização dos valores após o primeiro minuto de exercício. 2) A segunda fase é observada em níveis de potências acima do LA, onde a contribuição simpática começa a ser predominante e aumenta em proporção ao incremento de potência aplicada. Esta estimulação simpática é responsável pelo incremento da FC, observado do primeiro ao quarto minuto do exercício dinâmico (GALLO Jr. et al., 1987; CATAI, 1992; GALLO Jr. et al., 1995; CHACON-MIKAHIL et al., 1998; SILVA, 1998). O estudo da função do sistema nervoso autonômico (SNA), como um mecanismo de controle durante exercício físico dinâmico permite a possível identificação da potência na qual ocorre a estabilização da FC caracterizando, de forma indireta, o LA (GALLO Jr. et al., 1990; MARÃES et al., 1996; RIBEIRO et al., 1998; PETTO et al., 1999; MARÃES et al., 1999).

As modificações das variáveis cardiovasculares relacionadas ao LA têm recebido pouca atenção dos pesquisadores que se interessam pela fisiologia do exercício. Tal comportamento provavelmente seja devido a razões de ordem metodológica (maior erro de medida, decorrente de

artefatos causados pela movimentação - no caso das medidas de pressão arterial e débito cardíaco), e também pelo fato de, geralmente, não se documentar mudanças do padrão de resposta da FC média, no ponto correspondente ao LA.

1.6. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo estudar a resposta da frequência cardíaca durante o repouso, nas posições supina e sentada, e durante a manobra de Valsalva, com a finalidade de avaliar o controle autonômico do coração, no que se refere ao balanço vago-simpático atuante sobre o nódulo sinoatrial. Entretanto, o principal objetivo é o de determinar os padrões da variabilidade da frequência cardíaca, de voluntários saudáveis, detectados por variações nos domínios do tempo e da frequência, durante a execução de exercício físico dinâmico de intensidades progressivas crescentes e alternadas. Particular ênfase será dada ao uso de modelos autorregressivos-integrados-médias móveis (ARIMA) e ao espectro de potência obtido pela transformada rápida de Fourier, para se atingir este propósito.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Voluntários Estudados

Foram estudados 21 (vinte e um) voluntários sadios, do sexo masculino, com padrão ativo de vida e não fumantes. Dez voluntários jovens tinham idades compreendidas entre 20 e 24 anos (mediana = 22,5) e 11 voluntários de meia-idade apresentavam idades compreendidas entre 40 e 46 anos (mediana = 43) (Tabela 1A no apêndice IV). Os voluntários realizavam atividade física considerada leve, em média, duas vezes por semana (Tabela 2A no apêndice IV)

2.1.1. Aspectos éticos

Os voluntários foram primeiramente esclarecidos e orientados a respeito de suas participações nos testes, quanto aos procedimentos utilizados nesta investigação e o caráter não invasivo dos mesmos. Esses voluntários foram familiarizados com o ambiente experimental e com o pessoal envolvido nos experimentos. Após concordarem em participar da investigação, todos voluntários assinaram o termo de consentimento formal (Apêndice I), de acordo com as normas do Conselho Nacional de Saúde, aprovado pela Comissão de Ética da UNICAMP (Apêndice II).

2.1.2- Avaliação clínica

Os voluntários passaram pelas seguintes avaliações, a saber:

- Anamnese e exame físico, investigando-se os hábitos de vida e alimentar, história pregressa e existência passada e/ou atual de patologias conforme ficha de avaliação adaptada de SILVA & CATAI, 1991 (Apêndice III);
- Eletrocardiograma (ECG) de 12 derivações realizado na posição supina e das derivações MC5, DII e V2 modificadas, nas seguintes condições: repouso nas posições supina e sentado e em hiperventilação durante 30 s na posição sentada; durante este período de registro foram verificadas a FC e a pressão arterial (PA). Como critério para inclusão do voluntário no estudo, exigia-se que o ECG em repouso fosse normal em todas as derivações convencionais;
- Teste de esforço físico dinâmico (TEFD) em degraus contínuos, que teve como finalidade avaliação clínica e cardiovascular (Tabelas 3A e 4A no Apêndice IV). Durante este teste, os voluntários foram monitorizados nas derivações MC5, DII e V2 (modificadas). O protocolo do TEFD em degraus contínuos foi realizado na posição sentada em cicloergômetro eletromagnético (figura 1), inicialmente era aplicado 4 Watts (W) de potência por um período de 2 min e posteriormente incrementos de 25 em 25 W a cada 3 min, até a exaustão física ou o surgimento de sinais e/ou sintomas limitantes. A FC, PA e o ECG foram registrados antes do início do esforço,

nos 30 s finais de cada nível de esforço, e ao final do teste no 1º, 3º, 6º e 9º min de recuperação;

- Exames laboratoriais: Colesterol total e frações, Triglicérides, Glicemia, Hemograma completo, Urina tipo 1 e Uréia;

Só foram incluídos no presente estudo os voluntários que não apresentassem quaisquer anormalidades nos procedimentos e exames laboratoriais acima mencionados.

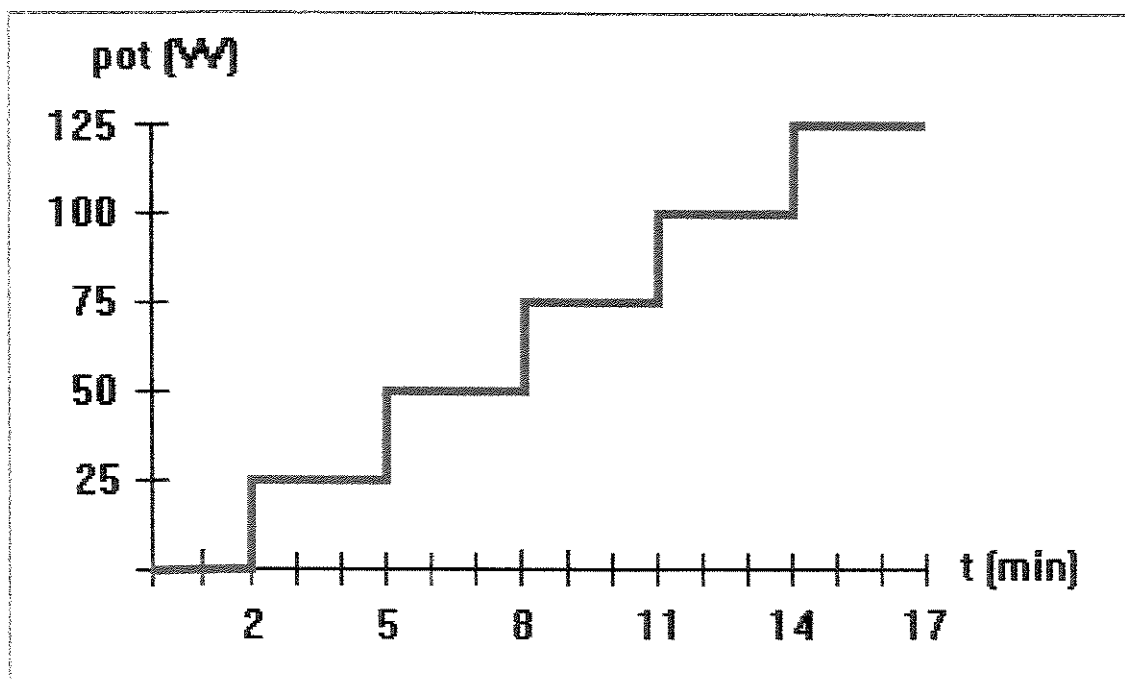


FIGURA 1: Representação esquemática do teste de esforço físico dinâmico em degraus contínuos (duração de três minutos cada estágio) com incrementos de 25 Watts (W).

2.2- Planejamento Geral da Investigação

2.2.1. Manobra de Valsalva (MV)

Para a realização MV, como um teste autonômico do coração, foi padronizado um procedimento de elevação da pressão oral (e intratorácica) durante a execução de uma expiração forçada .

O teste foi realizado com o voluntário na posição supina. Após uma inspiração forçada profunda o mesmo realizava uma expiração forçada através de um bocal, numa pressão oral de 40 milímetros de mercúrio (mmHg), mantida por um período de 20 s (MANÇO, GALLO Jr. & GODOY, 1969; MARTINELLI, 1996). Após o esforço expiratório os voluntários mantinham a respiração normal. Este teste foi realizada por duas vezes. Entre uma manobra e outra, permitiu-se um período de recuperação para que a resposta da FC retornasse ao padrão basal. O voluntário permanecia monitorizado na derivação MC5 modificada, para captação dos sinais eletrocardiográficos e da FC em tempo real durante 60 s em repouso, 20 s de MV e 290 s correspondentes ao período de recuperação.

A MV foi considerada eficiente, quando o voluntário apresentava rubor facial, estase jugular, manutenção regular da pressão oral em 40 mmHg e elevação rápida da FC seguida de uma bradicardia .

Na figura 2 está ilustrado o sistema fechado para a MV, constituído de: um bocal acoplado a uma mangueira que, por sua vez, foi acoplada a um medidor aneróide de pressão. O escape de ar pelas narinas era impedido utilizando-se um clipe nasal.

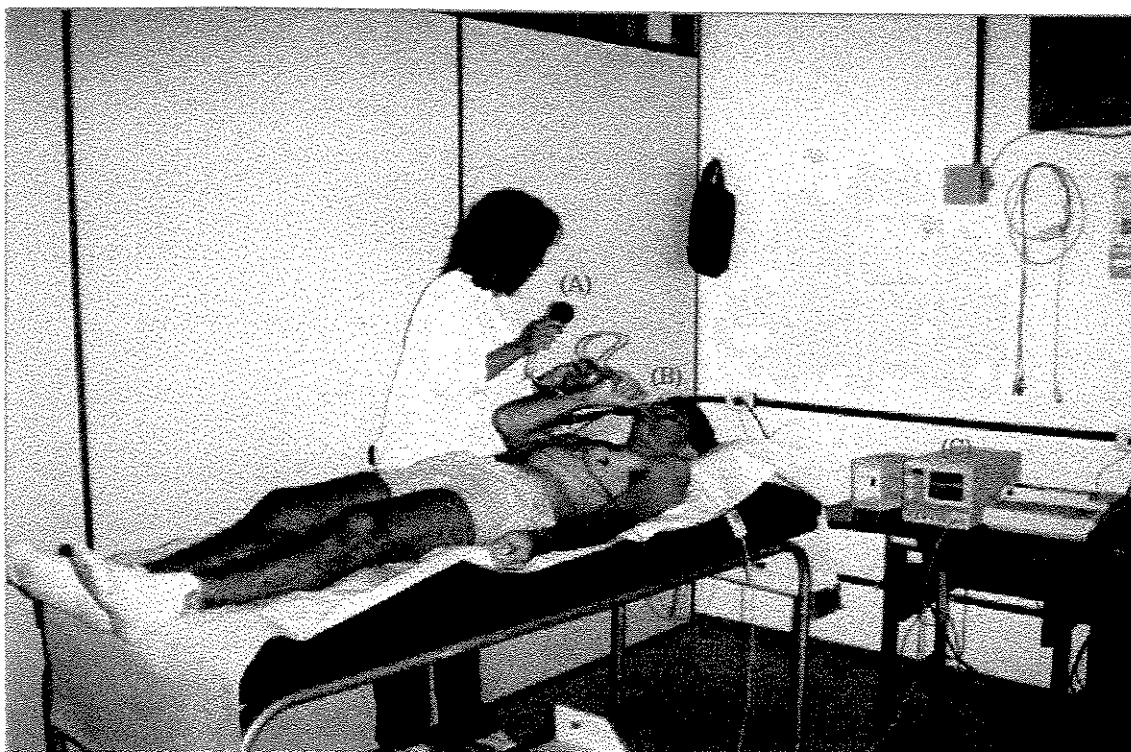


FIGURA 2: Ilustração dos equipamentos e da montagem experimental para a realização da manobra de Valsalva. A: medidor anaeróide de pressão; B: clipe nasal e C: monitor cardíaco.

2.2.2. Testes de esforço físico dinâmico

Com o objetivo de estudar a VFC e o limiar de anaerobiose (LA), padronizou-se quatro protocolos de teste de esforço físico dinâmico, a saber:

Protocolo I: Teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) com potências progressivas

O protocolo do TEFDD representado na figura 3, foi do tipo degraus descontínuos, com incrementos de potências progressivas de 10 em 10 W com duração de 13 min em cada nível de esforço físico. O primeiro nível de esforço físico foi realizado na potência de 25 W. Entre uma potência e outra foi interposto um período variável de repouso para que os valores de FC retornassem aos valores basais.

Para se verificar exatamente a potência de esforço físico em que ocorria a inclinação da resposta da FC ao esforço físico, refletindo uma maior participação do sistema nervoso simpático (LA), em cada nível de potência foi observado o padrão de resposta de FC. Quando ocorria a inclinação desta variável, a potência de esforço físico seguinte foi reduzida em 5 W.

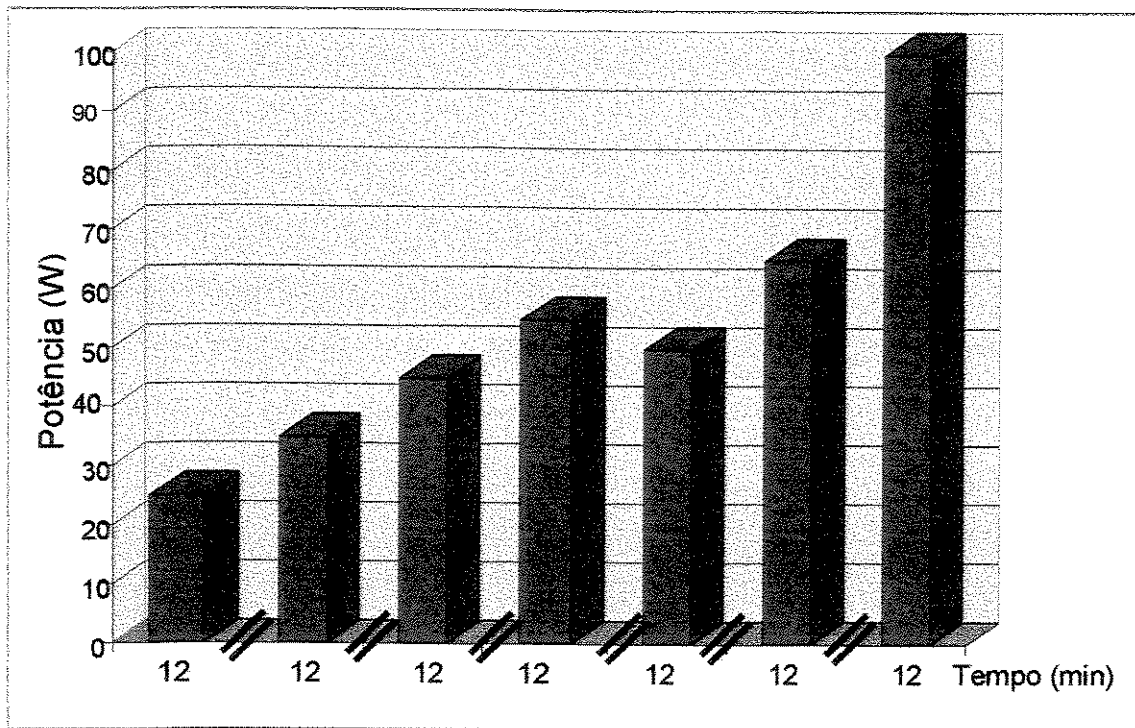


FIGURA 3: Representação esquemática do teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD), com potências progressivas de incrementos de 10 Watts (W), duração de 13 minutos e com períodos variáveis de repouso, interpostos entre os níveis de esforço físico.

Protocolo II: Teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) com potências alternadas

Na figura 4 está representado o protocolo de TEFDD com potências alternadas. A potência inicial para este teste foi aquela em que se observou no protocolo I a inclinação da resposta da FC pela análise visual dos dados.

As potências subsequentes foram escolhidas alternadamente, com o cuidado de serem as mesmas utilizadas no protocolo I.

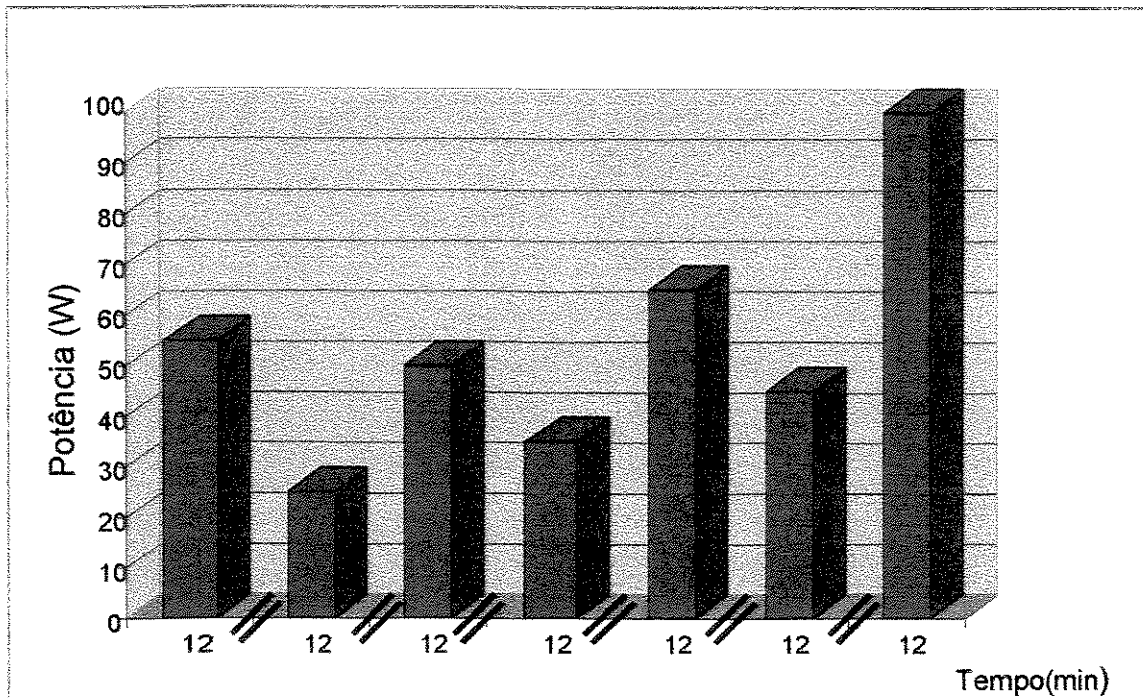


FIGURA 4: Representação esquemática do teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD), com potências alternadas, duração de 13 minutos em cada nível de esforço físico e com períodos variáveis de repouso, interpostos entre os níveis de esforço físico.

Protocolo III: Teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) com medidas ventilatórias metabólicas

Este protocolo teve como objetivo determinar o LA, através da VFC, quando o voluntário estava acoplado aos equipamentos de medidas ventilatórias e metabólicas, para se verificar se estes poderiam ou não

interferir nas repostas da VFC. Nesta etapa, quatro voluntários repetiram o protocolo I (com potências progressivas).

Protocolo IV: Teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo em rampa com medidas ventilatórias metabólicas

Este protocolo foi realizado com o objetivo de se determinar o LA pelo método ventilatório (WASSERMAN et al., 1999) assim como calcular os valores de consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), potência e FC pico. Três voluntários dos quatro acima relacionados, submeteram-se a este protocolo, que constou de uma potência inicial de 4 W e incrementos de 10 W a cada minuto, até a exaustão física.

Procedimentos de coleta das variáveis ventilatórias e metabólicas

Para a obtenção das variáveis ventilatórias e metabólicas, durante os protocolos III e IV, os voluntários respiravam por meio de uma válvula de baixa-resistência (Hans Rudolph 2700 device, Kansas City, CA) com um pequeno espaço morto. Para tanto, foi colocada uma pinça nasal e ajustado o sistema bucal-capacete, que fazia a acoplagem do voluntário com o analisador das variáveis ventilatórias. Após este período, procedeu-se à “lavagem” do equipamento por aproximadamente 1 min, até que todo sistema ficasse preenchido com o ar expirado pelo voluntário.

As variáveis e os parâmetros metabólicos e ventilatórios foram calculados por meio de um analisador de medidas metabólicas (MMC Horizon Systems — Sensor Medics, Yorba Linda, CA). Este equipamento fornece valores médios em intervalos de 15 s. Os valores individuais da $\dot{V}$, da $\dot{V}_{CO_2}$, do $\dot{V}_{O_2}$ e do equivalente das trocas gasosas (RER) em cada potência de esforço físico, foi plotado como uma função no tempo.

Os voluntários permaneciam na posição supina por um período de 30 min e após este período dava-se início ao registros das mediadas metabólicas bem como o registro simultâneo da FC durante períodos de 15 min na posição supina e sentada em repouso, e a seguir em exercício físico dinâmico.

Os maiores valores da $\dot{V}$ e do $\dot{V}_{O_2}$ observados neste protocolo foram referidos como valores pico uma vez que o $\dot{V}_{O_2}$ máximo não foi atingido em nenhum caso, o qual seria caracterizado por um platô (saturação) da curva do $\dot{V}_{O_2}$ no esforço físico máximo.

2.2.3. Procedimentos gerais

Os testes dos protocolos I e II foram realizados no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular da Universidade Federal de São Carlos. A figura 5 ilustra os equipamentos e a montagem experimental.

Na figura 6 está ilustrado os equipamentos e montagem experimental dos testes dos protocolos III e IV que foram realizados no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Faculdade de Educação Física da UNICAMP.

Os protocolos experimentais foram sempre realizados no mesmo horário, levando-se em consideração as influências do ritmo circadiano e, se em período pós-prandial, observou-se um intervalo de 2 a 3 horas após uma refeição leve e em dias separados, permitindo-se um intervalo de pelo menos um dias entre os TEFD.

Foi mantido um trânsito mínimo de pessoas no Laboratório, para não interferir no estado emocional dos voluntários estudados.

Os testes foram realizados em laboratório em condições ambientais aclimatada e controlada por meio de um condicionador de ar Springer (temperatura mediana de 23º) e a umidade relativa do ar por volta dos 60 % (Tabela 5A no apêndice IV).

Os voluntários foram orientados para que 24 horas antes dos testes não utilizassem bebidas alcóolicas e/ou estimulantes (café, chá e outros), não realizassem esforços físicos, não utilizassem medicamentos, fizessem uma refeição leve pelo menos duas horas antes dos testes e se apresentassem com roupas e calçados confortáveis para à execução da atividade física.

A preparação dos equipamentos, dos materiais e a organização da sala sempre foi realizada antes da chegada de cada voluntário. Com o intuito de reduzir a ansiedade e a expectativa por parte dos voluntários, eles foram

familiarizados com todos equipamentos e protocolos utilizados, antes da realização dos mesmos.

Foram verificadas as condições do voluntário, em relação ao seu estado de saúde, no dia da realização dos testes experimentais.

Os voluntários foram orientados para que durante os TEFD no cicloergômetro não realizassem contrações isométricas com os membros superiores ao segurar o guidão, não falassem desnecessariamente com os avaliadores para evitar alterações nos traçados eletrocardiográficos e informassem sobre qualquer alteração percebida no seu estado geral como: mal-estar, angina pectoris, fadiga, tontura, ou surgimento de outros sintomas limitantes que impossibilitassem a continuidade dos testes.

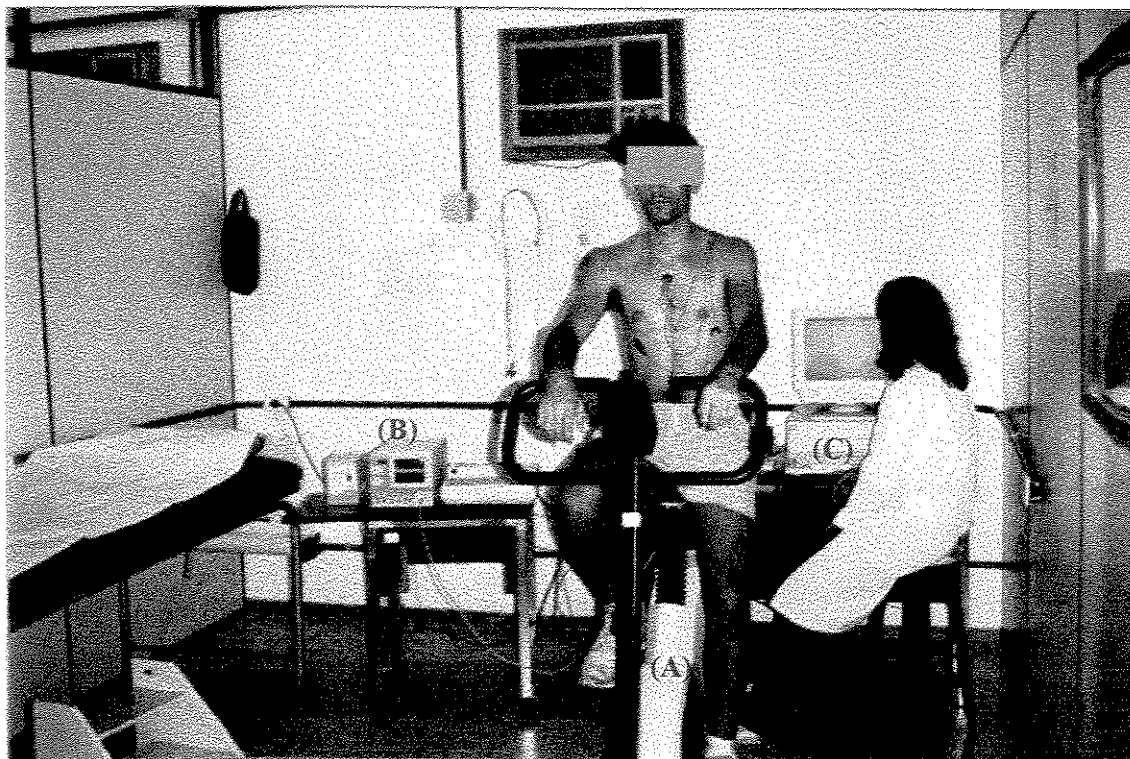


FIGURA 5: Ilustração dos equipamentos e da montagem experimental para realização dos testes de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) nos protocolos I e II. A: Bicicleta de frenagem eletromagnética; B: monitor cardíaco e C: microcomputador.

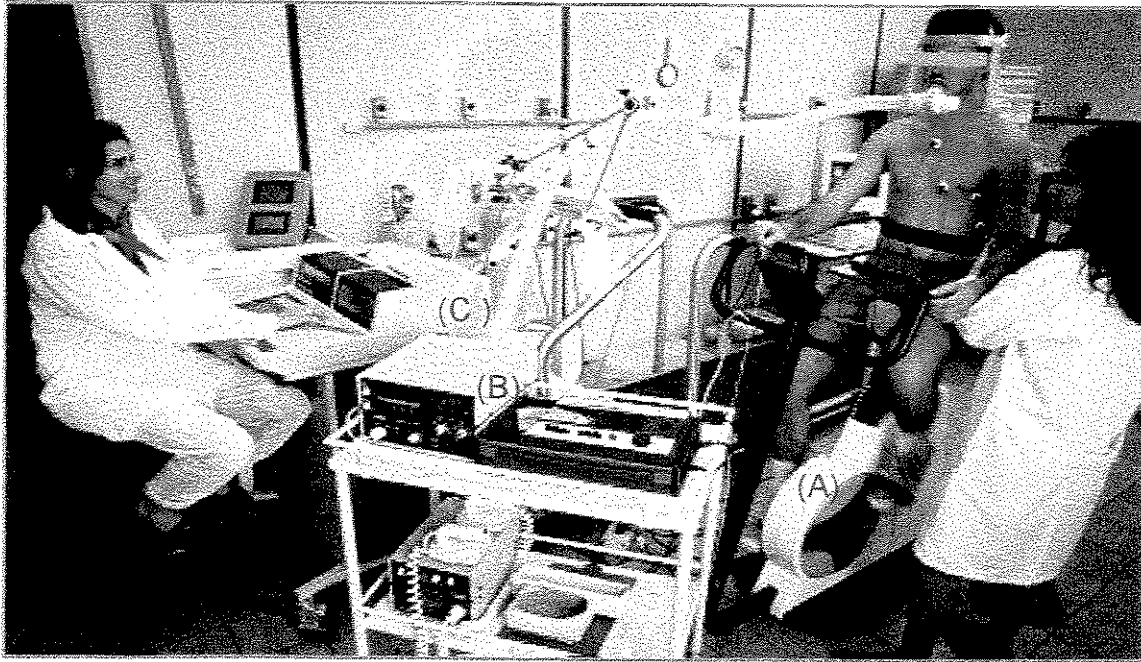


FIGURA 6: Ilustração dos equipamentos e da montagem experimental para realização do teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) nos protocolos III e IV. A: Bicicleta de frenagem eletromagnética; B: monitor cardíaco e C: analisador de medidas metabólicas e ventilatórias. Fotografia cedida por Catai, 1999.

Os voluntários realizavam os TEFD no cicloergômetro de frenagem eletromagnética (Quinton Corival-400), com a altura do banco regulado de modo a permitir uma flexão de joelho de aproximadamente 15 graus na porção mais baixa do pedal. Os voluntários foram orientados a manter a velocidade em torno de 60 rotações por minuto (rpm). As potências de esforço físico foram aplicadas por meio de um controlador que permitia a pré-

programação do protocolo utilizado ou ainda a imposição das potências manualmente.

Durante os TEFD com protocolos descontínuo (I, II, III e IV) e durante a manobra de Valsalva utilizou-se um monitor cardíaco de 1 canal (TC – 500, ECAFIX) para a obtenção das respostas da FC. Esta foi obtida a partir dos sinais do ECG convencional, captados por intermédio de um conversor analógico digital Lab-PC+ (National Instruments, Co.), que se constitui numa “interface” entre o monitor cardíaco e o microcomputador PC-AT 486 DX-4, 100 MHz. A partir da “interface”, o sinal analógico do ECG era convertido em valores binários para o acesso no microcomputador, por meio de um programa de processamento dos sinais digitalizados (SILVA et al., 1994). A partir do ECG, os sinais dos IRR foram calculados pelo programa, que também calculava os valores instantâneos de FC em batimentos por minuto (bpm); tais valores eram amostrados em tempo real (visualização gráfica, figura 7) e armazenados em disco, permitindo assim a manipulação dos arquivos para posterior análise dos dados e impressão dos relatórios. Registraram-se os sinais de ECG a partir de eletrodos de carbono ativado, auto-adesivos e descartáveis. A fim de se obter uma maior diferença entre o pico da onda R e o da onda T nos registros eletrocardiográficos, os eletrodos foram colocados na seguinte configuração: o pólo negativo foi posicionado no manúbrio esternal, o positivo na região do 6º espaço intercostal, na linha hemiclavicular e o terra ao nível do 5º espaço intercostal direito; esta posição

dos eletrodos foi modificada em função da relação sinal-ruído do sinal eletrocardiográfico existente no traçado e da constituição física do voluntário.

Durante os TEFDD (protocolos I, II, III e IV) a FC foi registrada e armazenada continuamente em períodos de 15 min nas seguintes condições: nas posições supina e sentada, respectivamente. Na posição sentada no cicloergômetro: repouso inicial (60 s), durante as potências do TEFDD (780 s) e período de recuperação (60 s). Durante a MV: 60 s. antes, 20 s durante e 290 s após a execução da referida manobra.

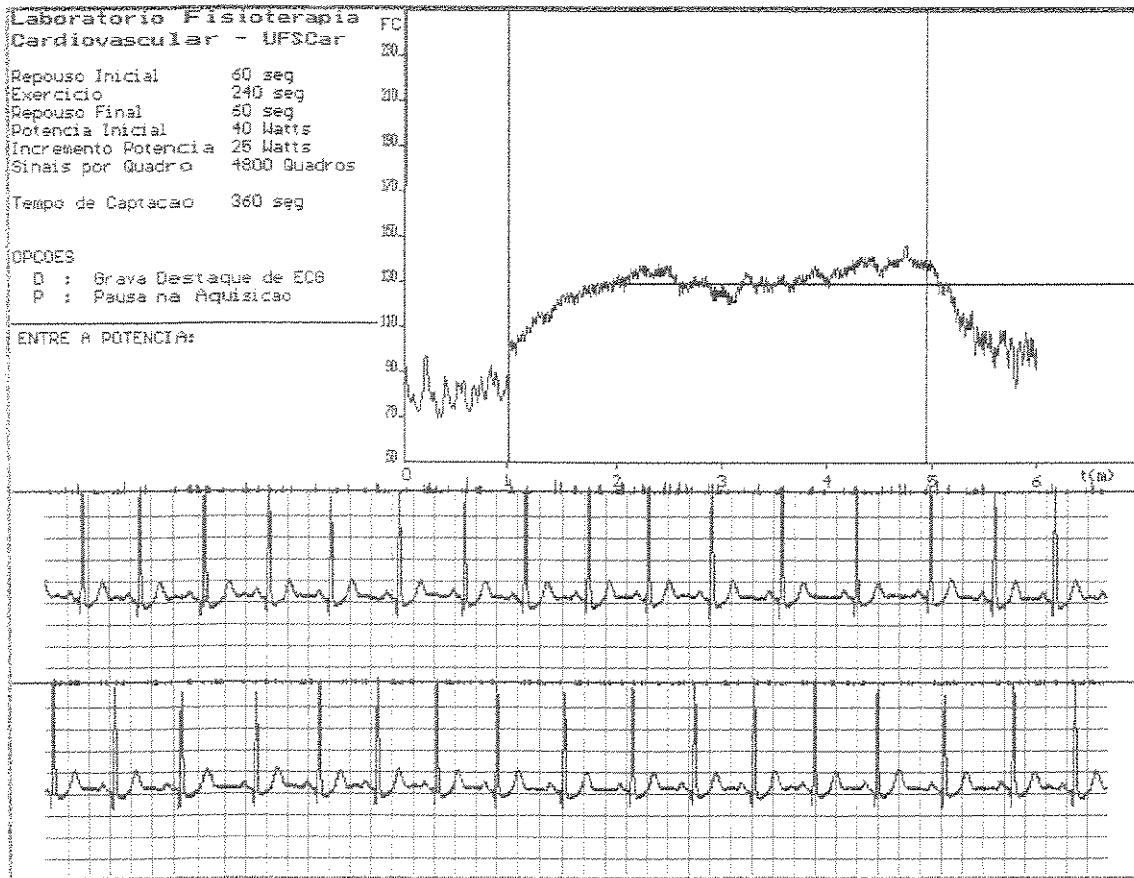


FIGURA 7: Ilustração da forma de aquisição do ECG e da frequência cardíaca (FC), batimento a batimento, em tempo real, durante o teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD).

2.3 - Métodos de Análise

2.3.1. Análise no domínio do tempo

2.3.1.1. Análise da resposta da frequência cardíaca durante a manobra de Valsalva (MV)

Os Deltas e os índices de Valsalva foram calculados utilizando-se os IRR e os valores absolutos de FC. Selecionou-se na tabela de dados de FC e de IRR, os valores destas variáveis durante e após o término (aproximadamente 60 s) da MV. Procedeu-se à análise utilizando as seguintes equações:

$$\Delta IRR = IRR_{máx} - IRR_{mín} \quad (Eq. 3)$$

$$\Delta FC = FC_{máx} - FC_{mín} \quad (Eq. 4)$$

$$\text{Índice de Valsalva IRR} = \frac{IRR_{máx}}{IRR_{mín}} \quad (Eq. 5)$$

$$\text{Índice de Valsalva FC} = \frac{FC_{máx}}{FC_{mín}} \quad (Eq. 6)$$

onde: ΔIRR = delta dos intervalos RR;

ΔFC = delta dos dados de frequência cardíaca;

$IRR_{máx}$ = maior intervalo RR observado;

$IRR_{mín}$ = menor intervalo RR observado;

$FC_{máx}$ = maior valor absoluto de frequência cardíaca observado;

$FC_{mín}$ = menor valor absoluto de frequência cardíaca observado.

2.3.1.2. Análise da resposta da frequência cardíaca na determinação do limiar de anaerobiose (LA)

A- Ajuste dos modelos autorregressivos-integrados-médias móveis (ARIMA)

Para determinar o LA através da VFC nos protocolos I, II e III, utilizou-se a metodologia de BOX- JENKINS (1970) que exige eqüidistância nos dados de FC, como os dados da VFC em tempo real (figura 8) nas potências de esforço físico não foram armazenados com a mesma distância (tempo), fez-se necessário o alisamentos dos dados (médias de 2 em 2 s - figura 9) utilizando-se um aplicativo "Analisador Gráfico de Eletrocardiograma" (LIPORONE et al, 1997). Esses dados foram tabelados do 1° ao 13° min de esforço físico para serem analisados através do modelos autorregressivos-integrados-médias móveis (ARIMA).

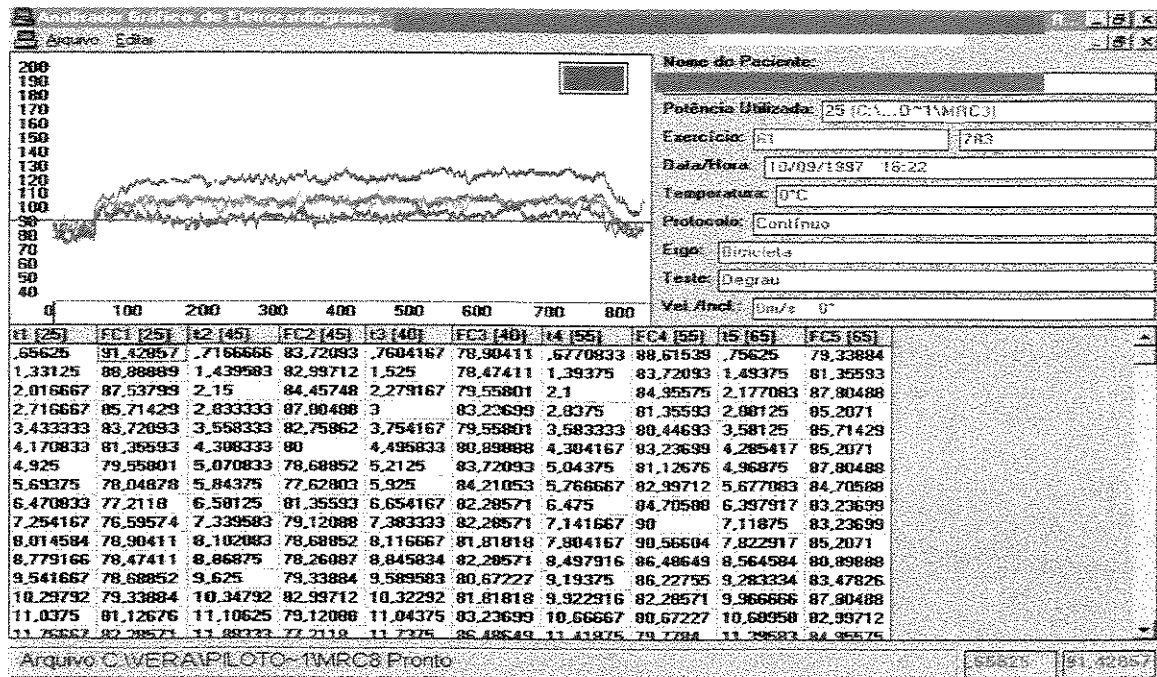


FIGURA 8: Amostra da tela do Analisador Gráfico de Eletrocardiograma contendo informações do protocolo utilizado, planilha de dados absolutos de frequência cardíaca (FC) batimento a batimento e os gráficos das respostas da FC em batimentos por minutos de um dos voluntários estudados (MRC), durante os testes de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD).

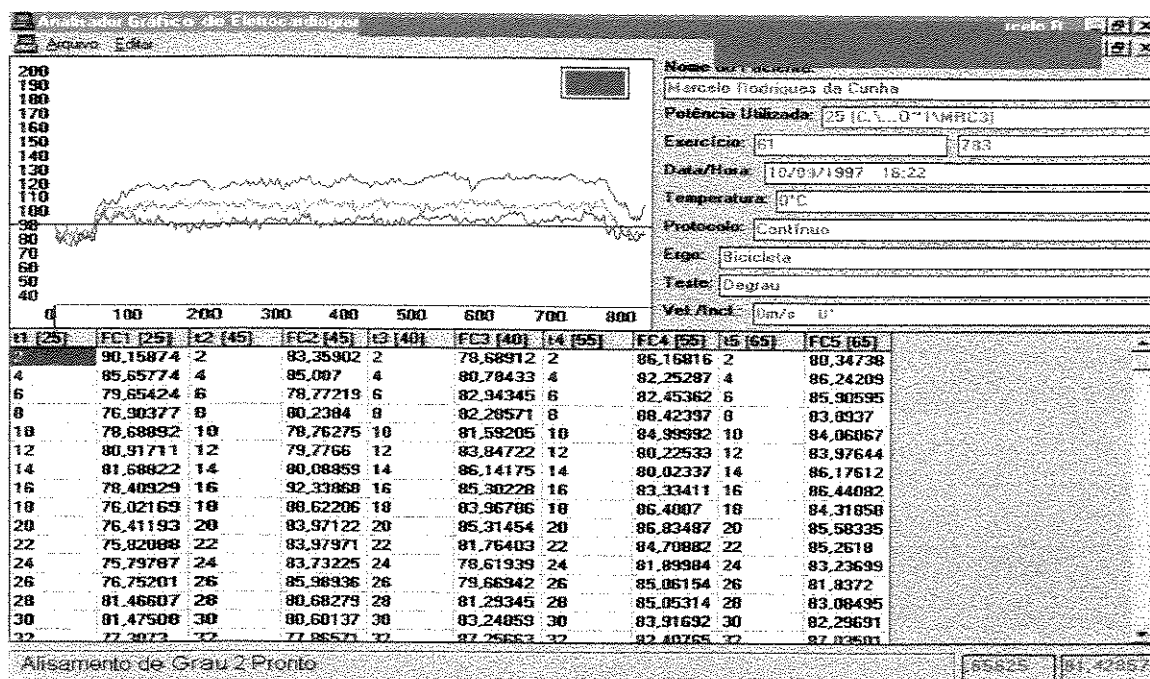


FIGURA 9: Amostra da tela do Analisador Gráfico de Eletrocardiograma contendo informações do protocolo utilizado, planilha de dados e os gráficos das respostas da frequência cardíaca (FC) em batimentos por minutos de um dos voluntários estudados (MRC), durante os testes de esforço físico dinâmico, após o cálculo das médias da FC a cada 2 s.

Os modelos ARIMA foram aplicados no conjunto de dados de FC para descrever o comportamento da série ou fazer previsões a respeito da mesma. A metodologia consiste em três etapas:

a) Identificação: a partir das funções de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP) calculadas para o conjunto de dados, pode-se identificar uma classe de modelos que se ajustem aos dados, comparando-os com as respectivas funções dos modelos teóricos.

b) **Estimação:** os modelos identificados na etapa anterior são estimados através do método de máxima verossimilhança.

c) **Verificação:** consiste na verificação do modelo que é feita através do quadrado médio dos resíduos e teste de Box-Pierce. Quanto menor for o valor da soma dos quadrados melhor será o modelo, e o teste de Box-Pierce consiste em testar a hipótese do ruído branco, isto é verificar se os resíduos têm distribuição normal com média zero e variância constante.

Então, seja Y_t uma série temporal estacionária, natural ou transformada por d diferenciações, tem-se a estrutura ARIMA (p,d,q) , onde p = a ordem de termos autorregressivos; q = a ordem de termos médias móveis.

Observou-se a tendência, através da necessidade de aplicação de diferença no modelo ARIMA (p, d, q) ; neste caso, a tendência positiva dos dados de FC indicava a potência do TEFDD correspondente ao LA, ou seja onde o gráfico de FC/Tempo começava apresentar inclinação (figura 10).

A análise dos dados da metodologia ARIMA foi realizada utilizando-se os aplicativos "MINITAB 8.2" e "S-Plus para Windows".

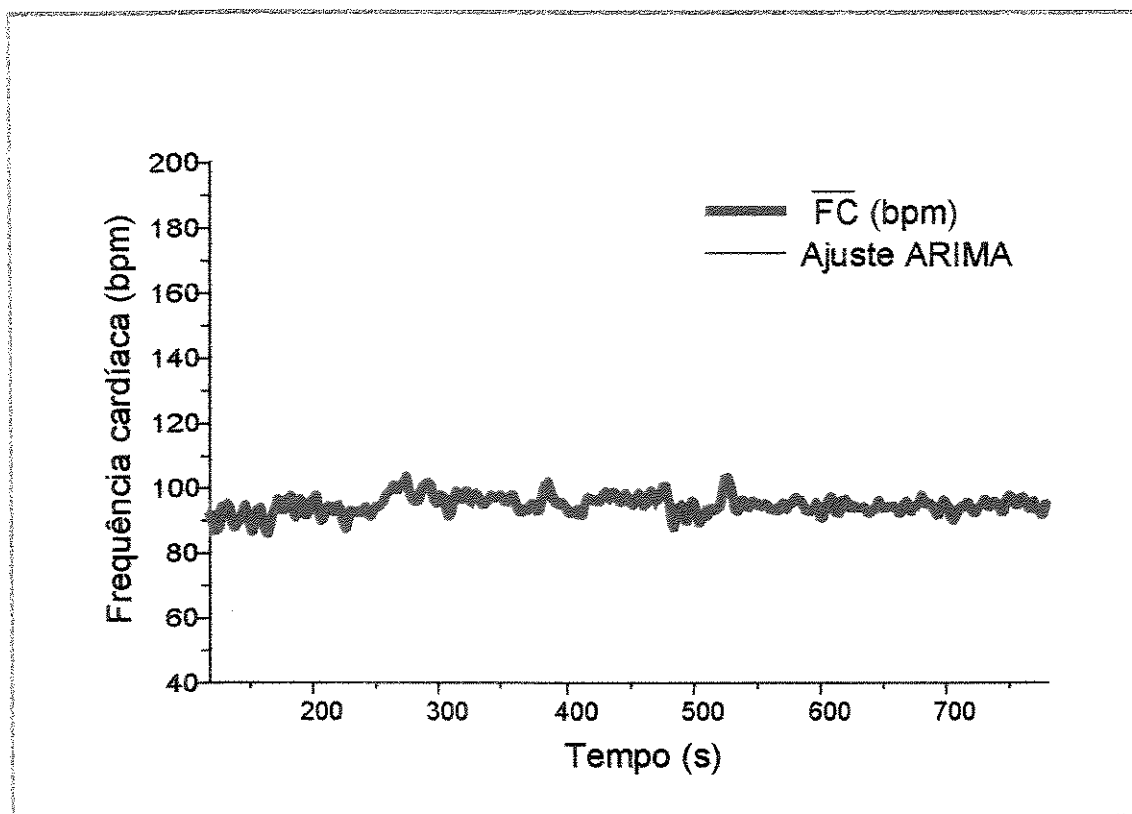


FIGURA 10: Representação do ajuste dos modelos autoregressivos integrados médias móveis (ARIMA) aos dados de frequência cardíaca (FC) alisados, obtidos durante a execução de exercício físico na potência de 45 Watts, de um dos voluntários estudados (MRC).

B - Ajuste da regressão linear

A resposta da FC do 1^o ao 13^o min de esforço físico durante os TEFDD, foi analisada usando-se o ajuste da regressão linear pelo “software” “MicroCal Origin, versão 3.0”. Os coeficientes angulares (β) e os interceptos das retas representativas da resposta da FC, em relação ao tempo, do

protocolo descontínuo (TEFDD), bem como os coeficientes de correlação e desvios padrões (DP) foram obtidos a partir do método dos mínimos quadrados. Este ajuste teve como o objetivo determinar a potência de esforço físico na qual os dados de FC apresentavam tendência positiva, ou seja, se encontravam no LA ou pouco acima deste valor.

2.3.1.3. Análise das variáveis ventilatórias na determinação do limiar de anaerobiose (LA)

A determinação do LA pelo método ventilatório, expressos em $\dot{V}_{O_2}$ e em potência de esforço físico, foi realizada considerando-se o momento em que a $\dot{V}$ e $\dot{V}_{CO_2}$ apresentavam um aumento não linear, apesar do crescimento linear do $\dot{V}_{O_2}$ (WASSERMAN et al., 1999). A análise visual das curvas foram realizadas por dois examinadores, que realizaram independentemente a determinação do LA, observando visualmente a inflexão das curvas destas variáveis (figuras 1A até 8A no apêndice V). Posteriormente os valores do LA determinados pelos observadores expressos em valores absolutos de $\dot{V}_{O_2}$ em litros por minuto (l/min) e potência de esforço físico em Watts foram comparados pelos dois métodos utilizados (ajuste do ARIMA aos dados de FC e o método ventilatório).

2.3.1.4. Análise da variabilidade da frequência cardíaca em repouso e durante o teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) pelo cálculo dos índices temporais (RMSM e RMSSD)

A variabilidade total da FC foi observada por meio do cálculo do índice RMSM, o qual corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças dos valores individuais em relação ao valor médio dividido pelo número de IRR em quinze min em repouso (supina e sentada) e em doze min durante a execução das potências de esforço físico dinâmico (protocolo I). Outro índice calculado foi o RMSSD, o qual corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os IRR no registro divididos pelo número de IRR em quinze min (repouso) e em doze min (protocolo I) menos um IRR (ANTILA, 1979).

$$RMSM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (RR_i - \overline{RR})^2}{N}} \quad (Eq. 1)$$

$$RMSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N-1} (RR_i - RR_{i+1})^2}{N-1}} \quad (Eq. 2)$$

onde:

RR = intervalos RR e

N = número de intervalos RR na série de dados selecionados.

2.3.2. Análise no domínio da frequência

2.3.2.1. Análise da variabilidade dos IRR (ms) obtidos durante a execução do teste de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) protocolo I

O processamento e a análise da variabilidade das séries de IRR foram realizadas utilizando-se um aplicativo específico na linguagem Turbo Pascal, em computadores IBM compatíveis 486 DX2 ou superiores, desenvolvido no Laboratório Cardiovascular – Universidade de Brasília (BARBONI, 1992). O aplicativo realizou a análise espectral pelo método matemático da transformação rápida de Fourier, considerando 3 faixas de frequência espectral: faixa de baixa frequência (0 a 0,04 Hz), faixa de média frequência (0,04 a 0,23 Hz), faixa de alta frequência (acima de 0,24 Hz).

Foram utilizados 256 IRR finais obtidos em cada nível de esforço dos TEFDD (protocolo I), para análise no domínio da frequência.

Tal aplicativo fornece um gráfico das áreas espectrais (figura 11) e um relatório (figura 12) com os seguintes índices espectrais: área espectral total; área espectral absoluta de cada uma das faixas de frequência espectral (expressa a variância das mesmas); área espectral relativa ou normalizada de cada uma das faixas de frequência espectral, expressando a área absoluta percentual em relação à área espectral total; razão entre as áreas absolutas das faixas de baixa e alta frequência espectrais. Este tipo de análise só pode

ser realizada nos dados de IRR obtidos de 10 voluntários, sendo 5 do grupo jovem e 5 do grupo de meia-idade durante o protocolo I; nos demais casos não foi possível obter-se uma seqüência temporal com estacionaridade, que permitisse o uso desta análise.

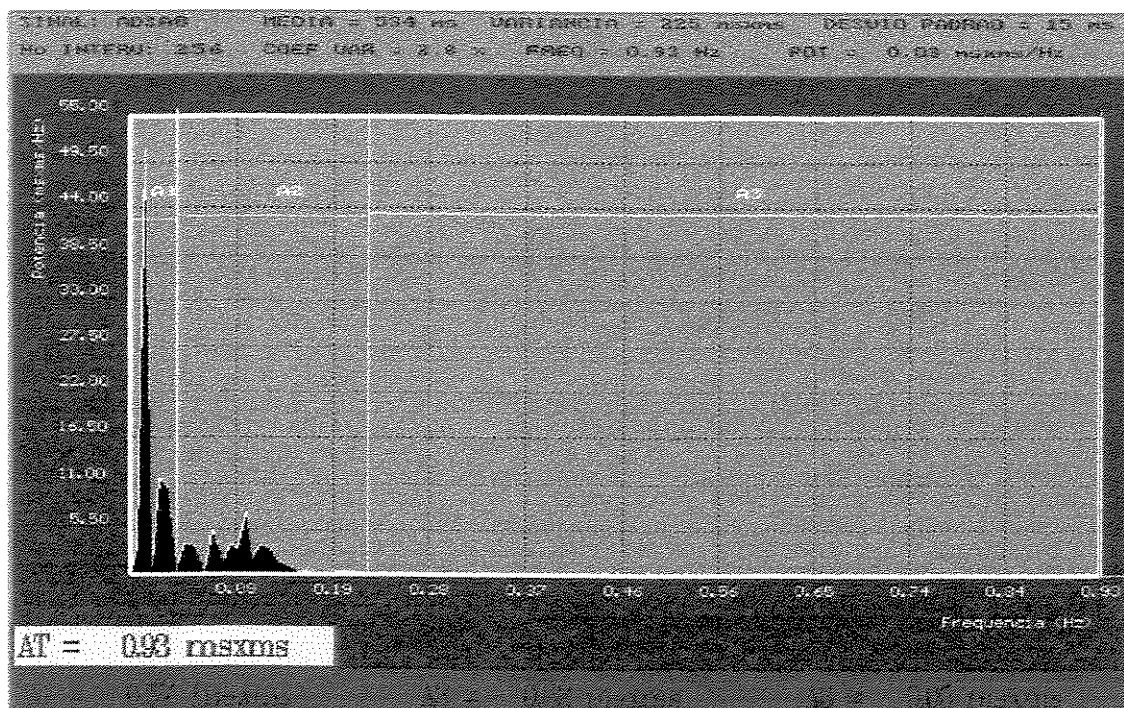


FIGURA 11: Espectros de potência dos intervalos RR (IRR) obtidos de um dos voluntários estudados (ADS) durante a execução da potência de 65 Watts.

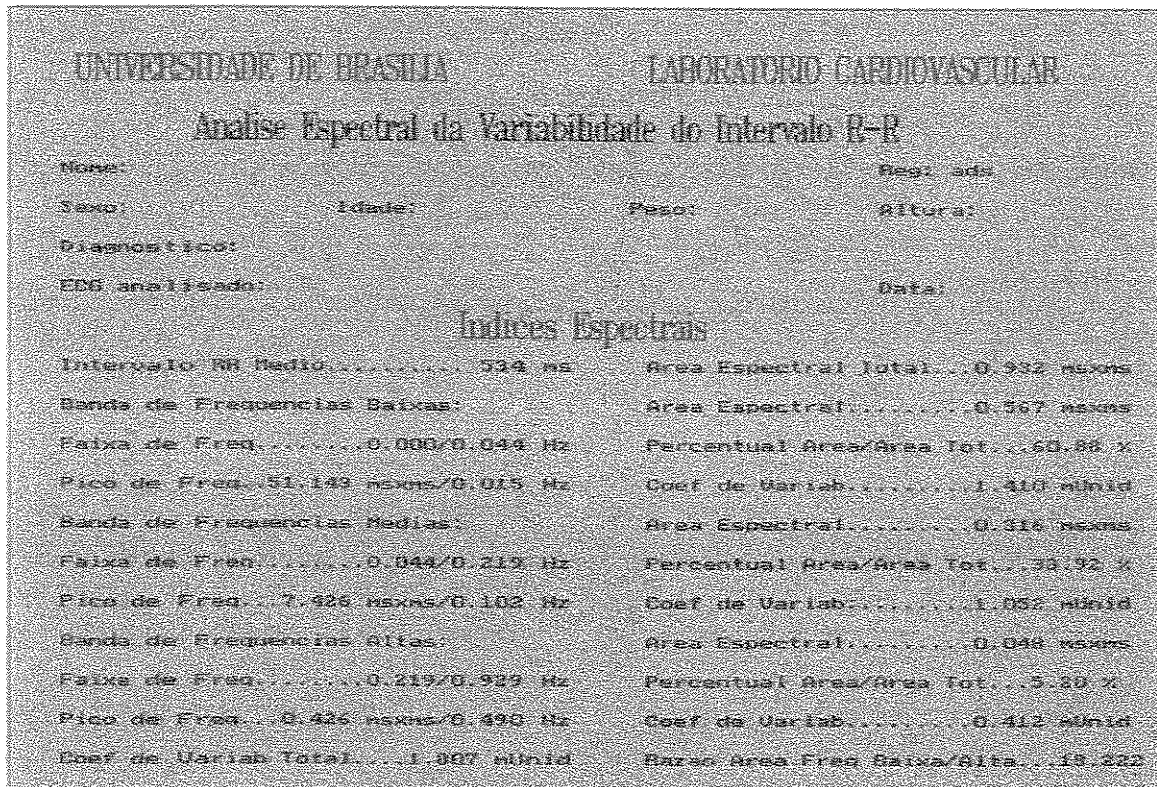


FIGURA 12: Índices espectrais dos intervalos RR (IRR) obtidos de um dos voluntários estudados (ADS) durante a execução da potência de 65 Watts.

2.4. Metodologia Estatística

Para se escolher que tipo de teste estatístico seria empregado, (paramétrico ou não paramétrico) procedeu-se a uma avaliação quanto aos tipos de distribuição das variáveis estudadas em diferentes condições (figura 13). A análise de distribuição dos dados mostrou que os mesmos não possuíam distribuição normal. Portanto, foram utilizados testes estatísticos não paramétricos. Os resultados foram apresentados graficamente em Box-

plot contendo os valores da mediana, 1º Quartil (25%), 3º Quartil (75%), valores máximos e mínimos, "outliers" e extremos, utilizando-se o aplicativo "STATISTICA for Windows, Release 5.1. StatSoft, Inc. 1994-1996".

A análise estatística de significância foi realizada a partir do teste de amostras pareadas de Wilcoxon, para amostras não-pareadas utilizou-se o teste Mann-Whitney e para medidas repetidas utilizou-se o Teste de Friedman seguido de técnicas de comparações múltiplas juntamente com o teste de Dunn que mostra o ponto de significância dos dados. Utilizou-se ainda a correlação de Spearman para medir a associação entre a potência de esforço físico com o coeficiente angular da reta (regressão linear). Nível de significância de $\alpha = 0,05$.

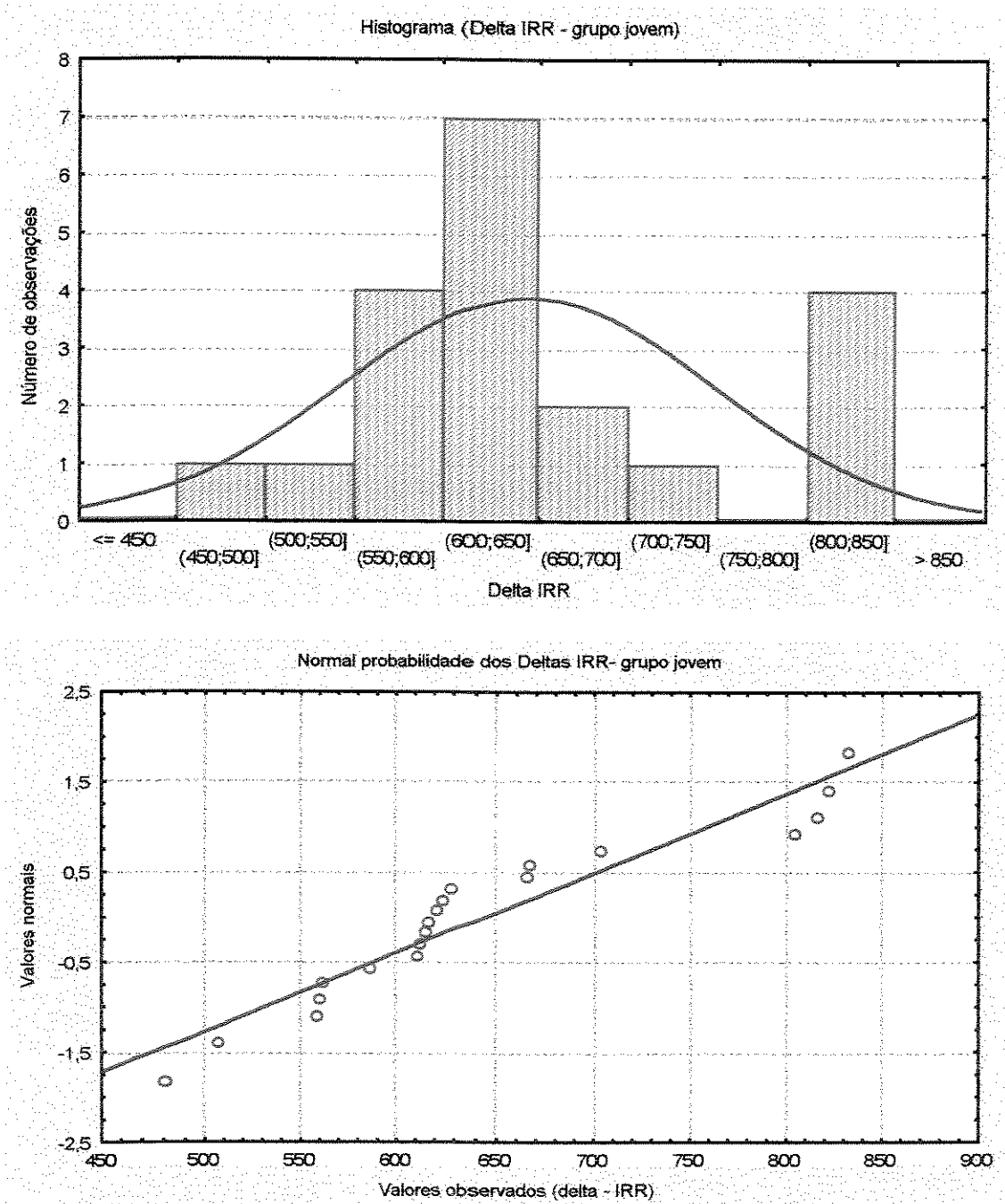


FIGURA 13: Análise descritiva do delta de Valsalva calculado a partir dos intervalos RR (IRR) quanto à forma de distribuição.

3- RESULTADOS

3.1. Voluntários Estudados

As características antropométricas, a idade, o peso e a altura estão representados na Tabela 1A do apêndice IV. Os valores das variáveis cardiovasculares (pressão arterial sistólica e diastólica, e FC) e o nível de atividade física estão expostos na Tabela 2A do apêndice IV. Os dados estão expressos em mediana, 1º Quartil e 3º Quartil (Q1 e Q3), valores máximos e mínimos. Excluindo o apêndice, no restante do texto os valores de tendência central referidos corresponderão sempre à mediana.

A idade dos voluntários foi de 22 anos para o grupo jovem e de 43 anos para o grupo de meia-idade ($P < 0,05$), a altura foi de 178 cm e 176 cm para os grupo jovem e de meia-idade, respectivamente. Os valores do peso corporal foi de: 70 Kg para o grupo jovem e 83 Kg para o grupo de meia-idade ($P < 0,05$).

Os valores de FC na posição supina em repouso, período antecedente aos protocolos experimentais, foram de 60 bpm e 64 bpm para os grupos jovem e de meia-idade, respectivamente, ao passo que a pressão arterial sistólica e diastólica foi de 110/77 mmHg para o grupo jovem e de 115/80 mmHg para o grupo de meia-idade.

3.2 – Variabilidade da Frequência Cardíaca no Repouso

3.2.1. No domínio do tempo

A VFC em repouso foi estudada em 10 voluntários jovens e 11 de meia-idade.

As figuras 14 e 15 exemplificam o comportamento da FC, obtida batimento a batimento, por processamento “on line” em tempo real, de um voluntário jovem (MRC) e de um outro de meia-idade (JWME) estudados nas condições de repouso na posição supina. Pode-se constatar pela análise descritiva visual, que nos casos em particular, o voluntário de meia-idade apresenta menor valor absoluto de FC e VFC comparativamente ao voluntário jovem.

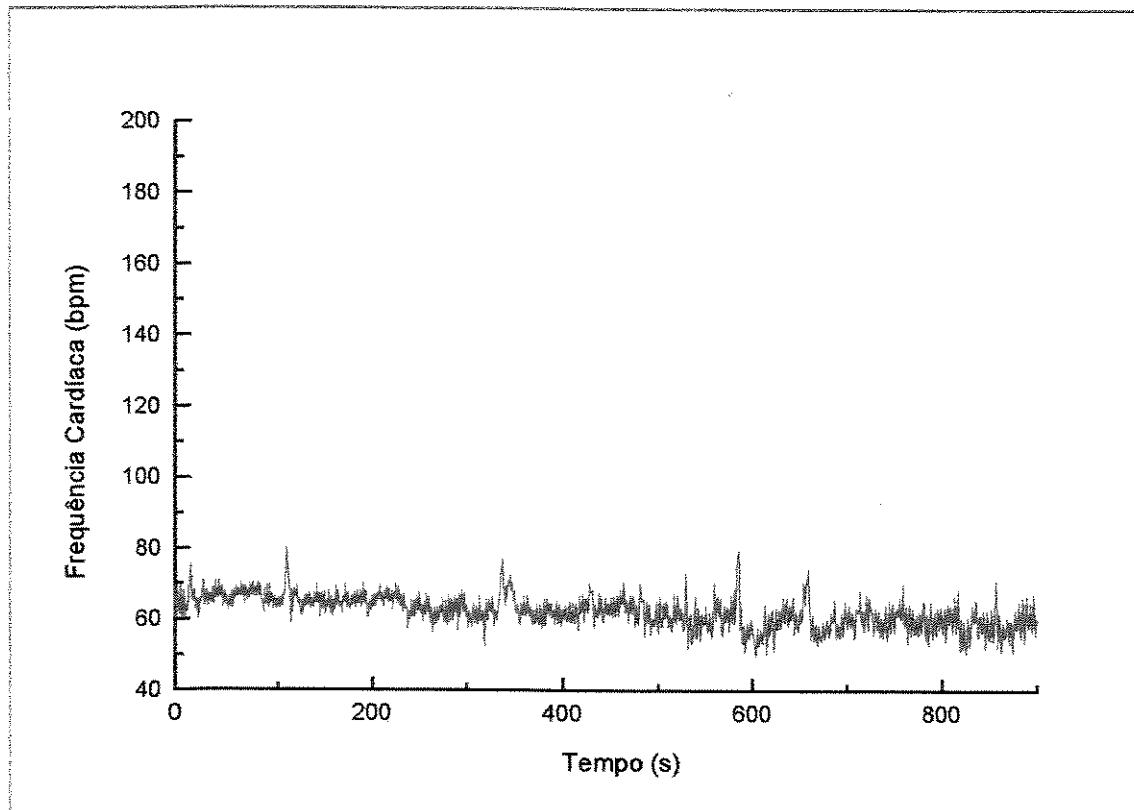


FIGURA 14: Registro de controle da frequência cardíaca, batimento a batimento, de um voluntário do grupo jovem (MRC) na posição supina, durante 15 min, antes da execução dos testes de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD).

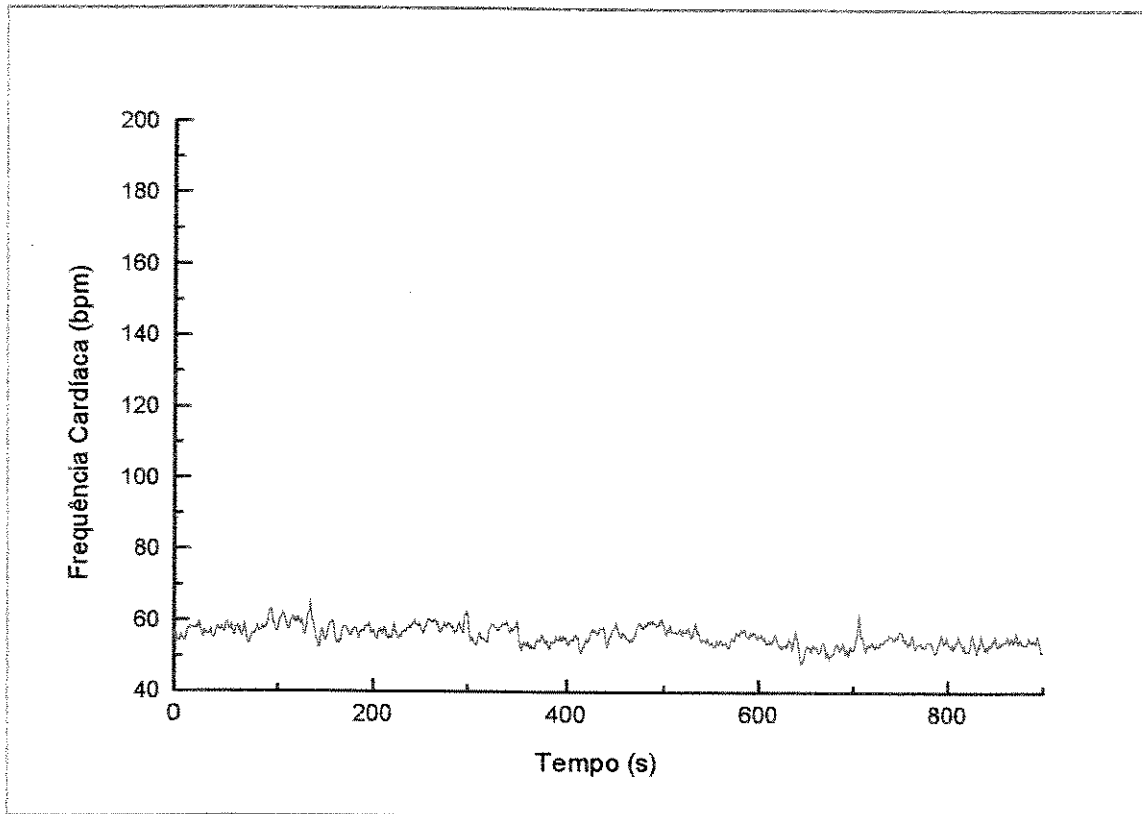


FIGURA 15: Registro de controle da frequência cardíaca, batimento a batimento, de um voluntário do grupo de meia-idade (MABC) na posição supina, durante 15 min, antes da execução dos testes de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD).

Do ponto de vista quantitativo (figura 16) documenta-se uma diferença estatisticamente significativa nos valores de FC de repouso entre as posições supina e sentada nos dois grupos estudados ($P < 0,05$), antes da execução dos protocolos de TEFDD. Em cada uma das posturas, as diferenças inter-grupo não foram estatisticamente significante.

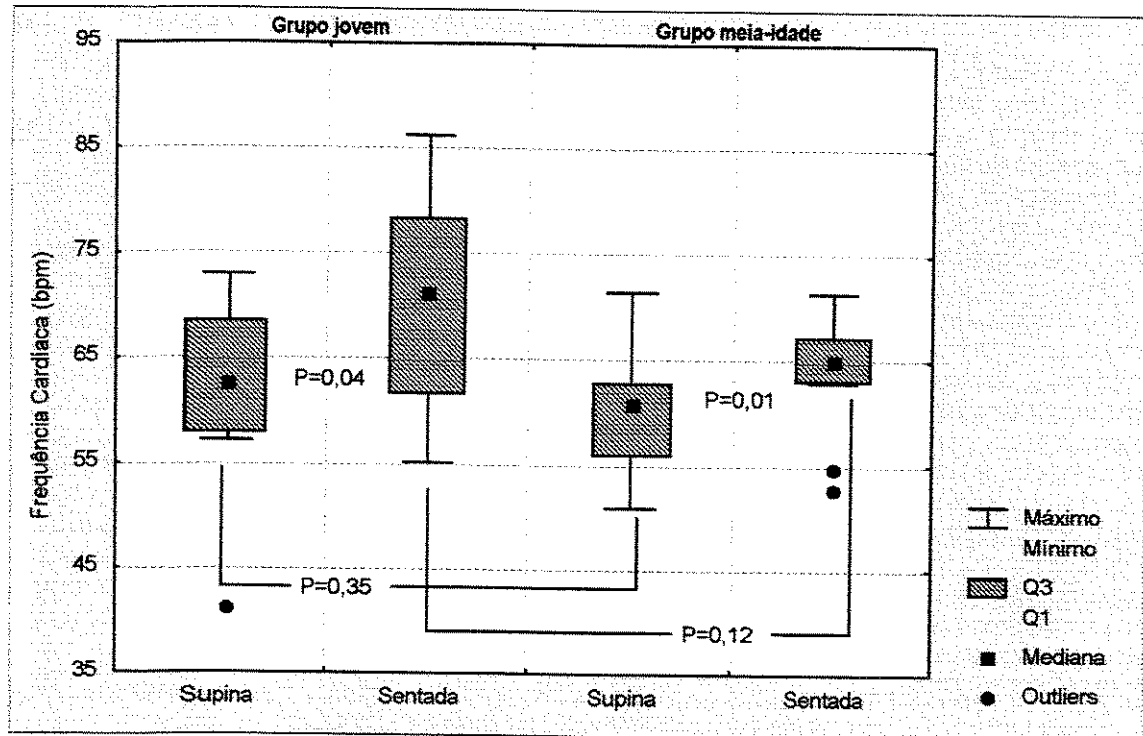


FIGURA 16: Frequência cardíaca, em batimentos por minutos (bpm), observados durante um período de 15 minutos de repouso, nas posições supina e sentada, nos grupos jovem (N= 10) e de meia-idade (N=11). Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.2.1.1. Índices temporais (RMSM e RMSSD)

Ao se analisar a variabilidade total dos IRR expressos pelo RMSM, quando os voluntários passam da posição supina para sentada, verifica-se na figura 17 que as diferenças não atingiram significância estatística.

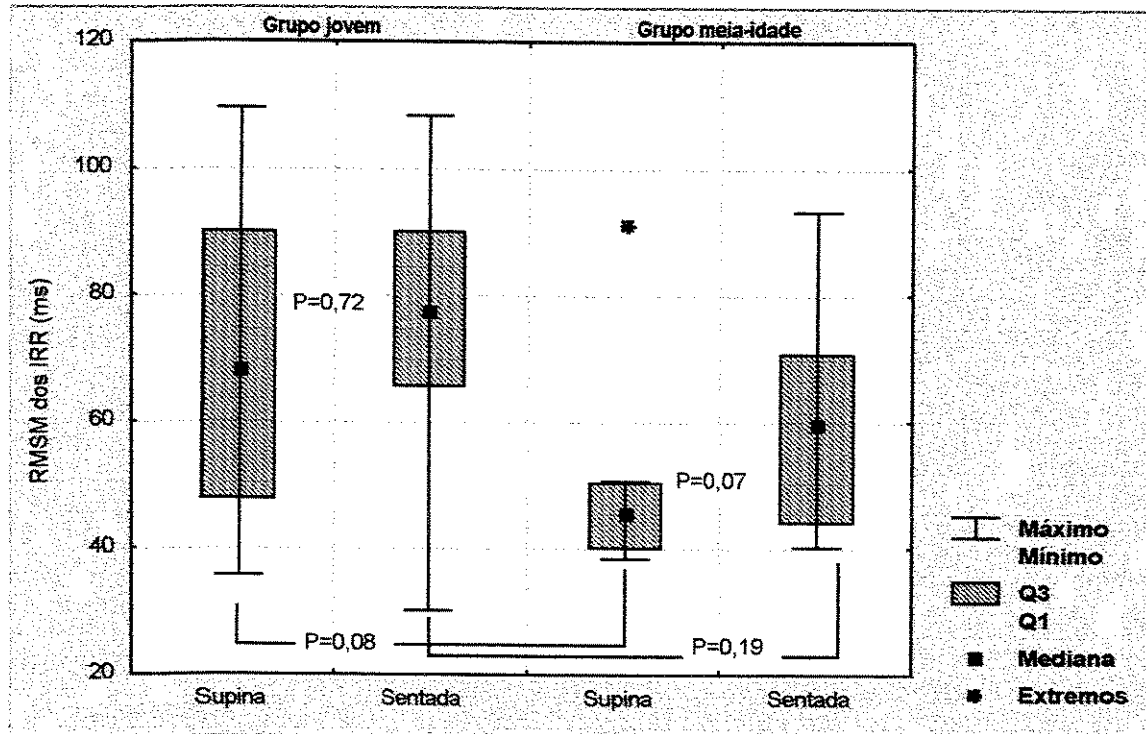


FIGURA 17: RMSM dos intervalos RR em milissegundos (ms) dos voluntários (jovem N = 10 e meia-idade N = 11), estudados em repouso nas posições supina e sentada. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

Na figura 18, observa-se que a magnitude dos índices temporais dos IRR quando expressos em RMSSD, do grupo jovem foi superior ao do grupo de meia-idade, nas duas posições estudadas, porém, somente na posição supina constata-se que tais diferenças atingem significância estatística ($P < 0,05$). Quanto à variabilidade dos dados (distância entre o 1° e o 3° quartil), esta foi maior no grupo jovem nas duas condições estudadas, porém, as distribuições das amostras ficaram assimétricas (os valores das medianas estão mais próximos ao 1° quartil) para o grupo de meia-idade.

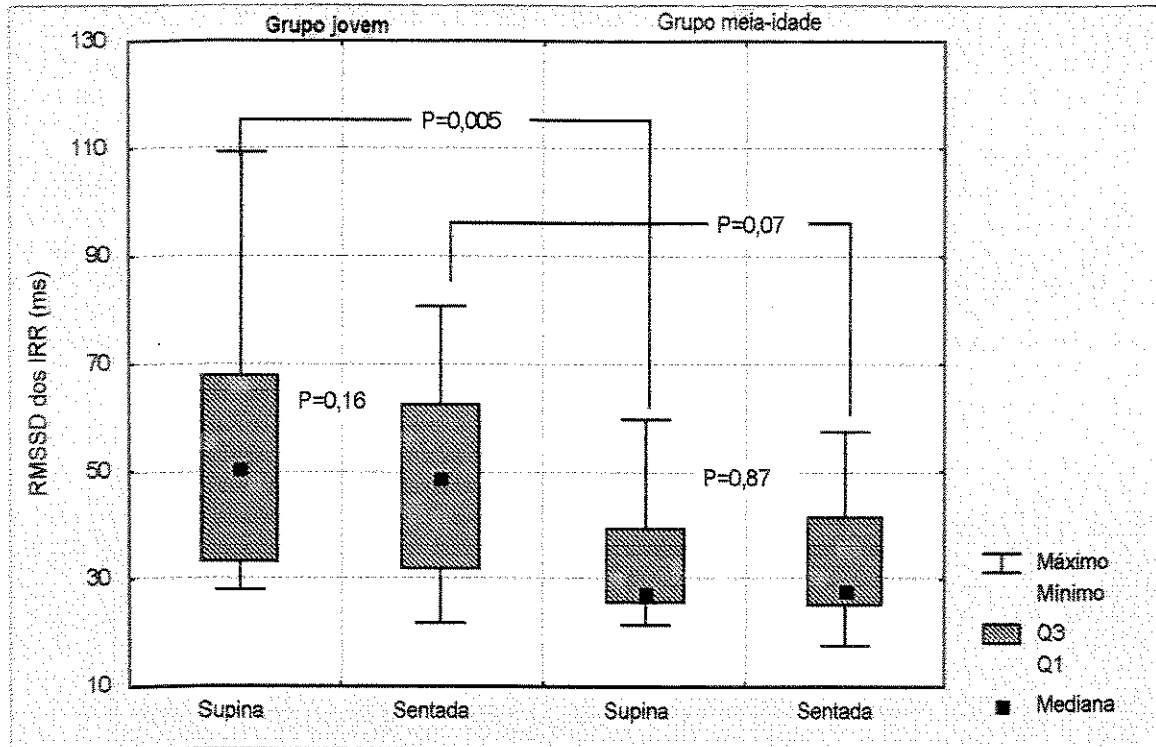


FIGURA 18: RMSSD dos intervalos RR (IRR) em milisegundos (ms) dos voluntários (jovem $N = 10$ e meia-idade $N = 11$) estudados em repouso nas posições supina e sentada. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.3. Variabilidade da frequência cardíaca durante a manobra de Valsalva

A resposta da FC frente a MV foi estudada em 10 voluntários jovens e 11 de meia-idade. A figura 19 ilustra a resposta da VFC, observada antes, durante e após a realização da manobra de Valsalva em um dos voluntários estudados (WJBS).

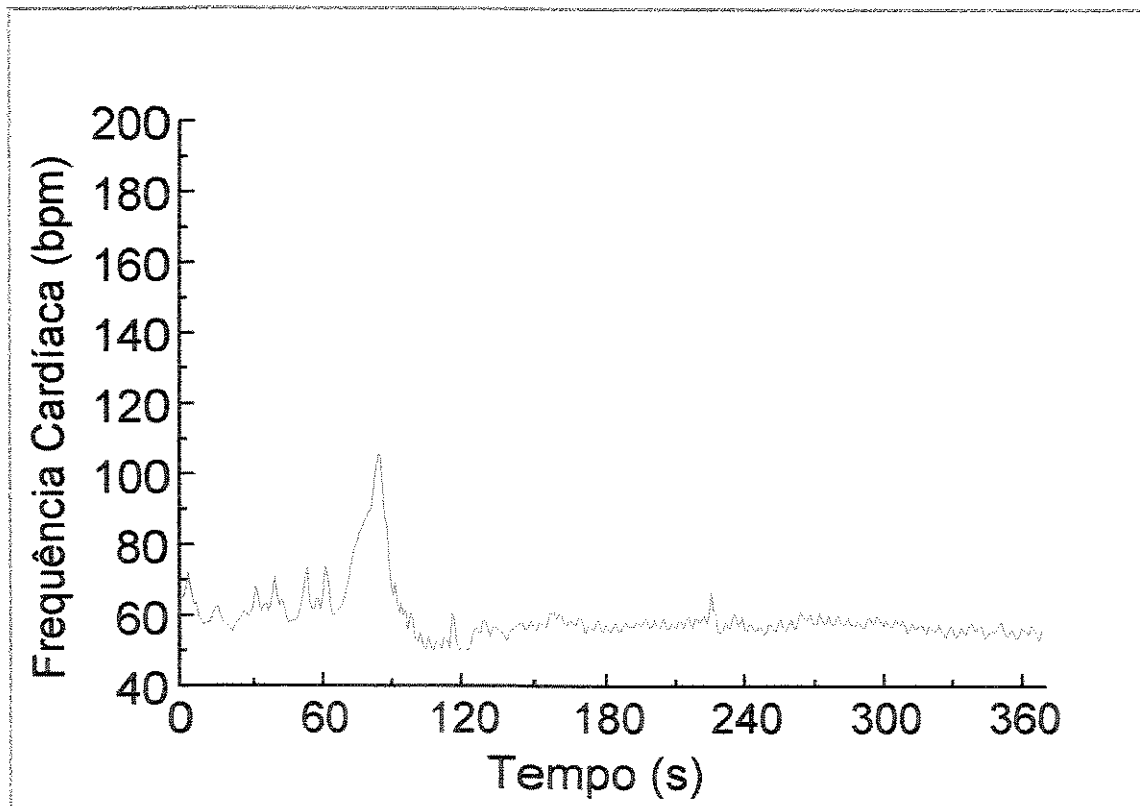


FIGURA 19: Resposta da frequência cardíaca em tempo real, batimento a batimento, obtida de um dos voluntários do grupo jovem (WJBS) antes, durante e após a manobra de Valsalva.

3.3.1. Índices e deltas da frequência cardíaca durante a manobra de Valsalva

Para a caracterização da resposta da FC frente à MV utilizou-se o valor média dos deltas e do índices de Valsalva das duas MV realizadas pelos voluntários estudados (Tabela 6A no apêndice IV).

Nas figuras 21 e 23 observa-se que o índice de Valsalva calculados com os dados de FC e IRR dos grupos estudados durante a MV foram estatisticamente diferentes ($P < 0,05$). Por outro lado, os deltas não foram estatisticamente significantes entre os grupos estudados (figura 20 e 22). Quanto à variabilidade (distância entre o 1º e o 3º quartil) foi menor no delta da FC para o grupo jovem e menor no índice da FC para o grupo de meia-idade. Já, a mediana dos índices de Valsalva calculados com dados de FC e IRR para o grupo jovem, aproximou-se do 1º quartil (figuras 21 e 23). Em ambos os casos, verifica-se que a idade modifica o padrão de resposta da FC à MV entre os grupos estudados.

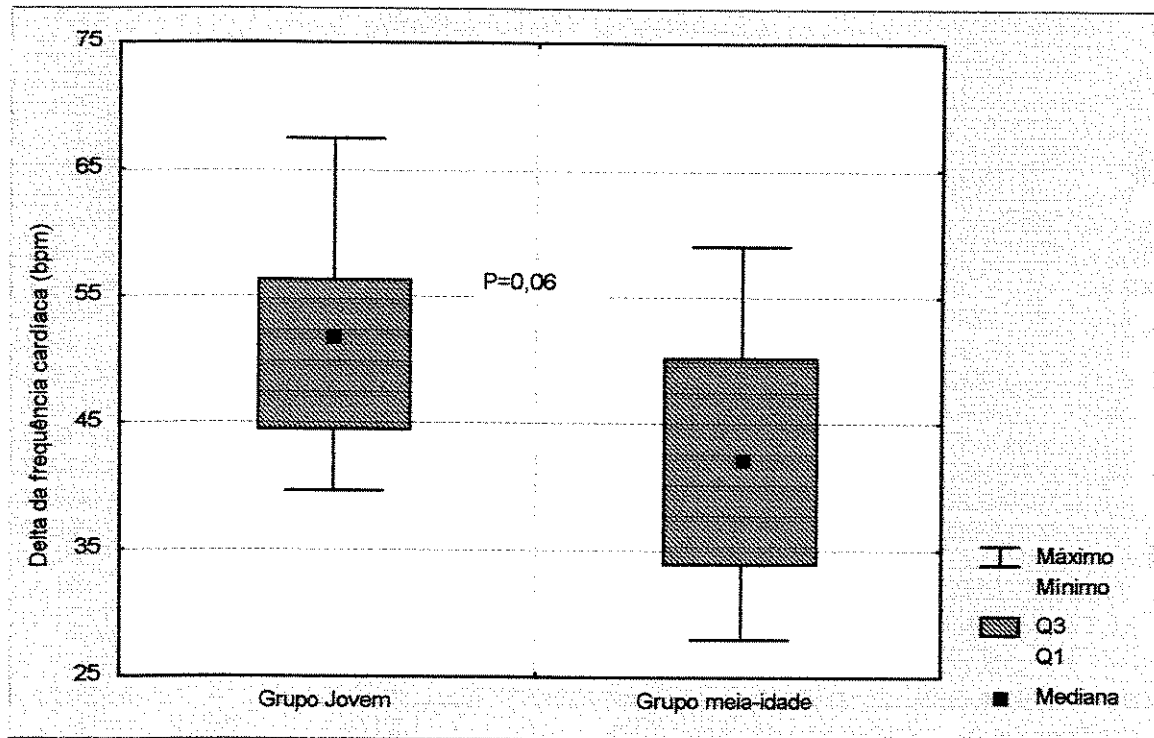


FIGURA 20: Deltas da frequência cardíaca (FC) em batimentos por minutos (bpm) durante a manobra de Valsalva (MV) obtidos dos grupos jovem (N = 10) e de meia-idade (N = 11). Nível de significância $\alpha = 0,05$.

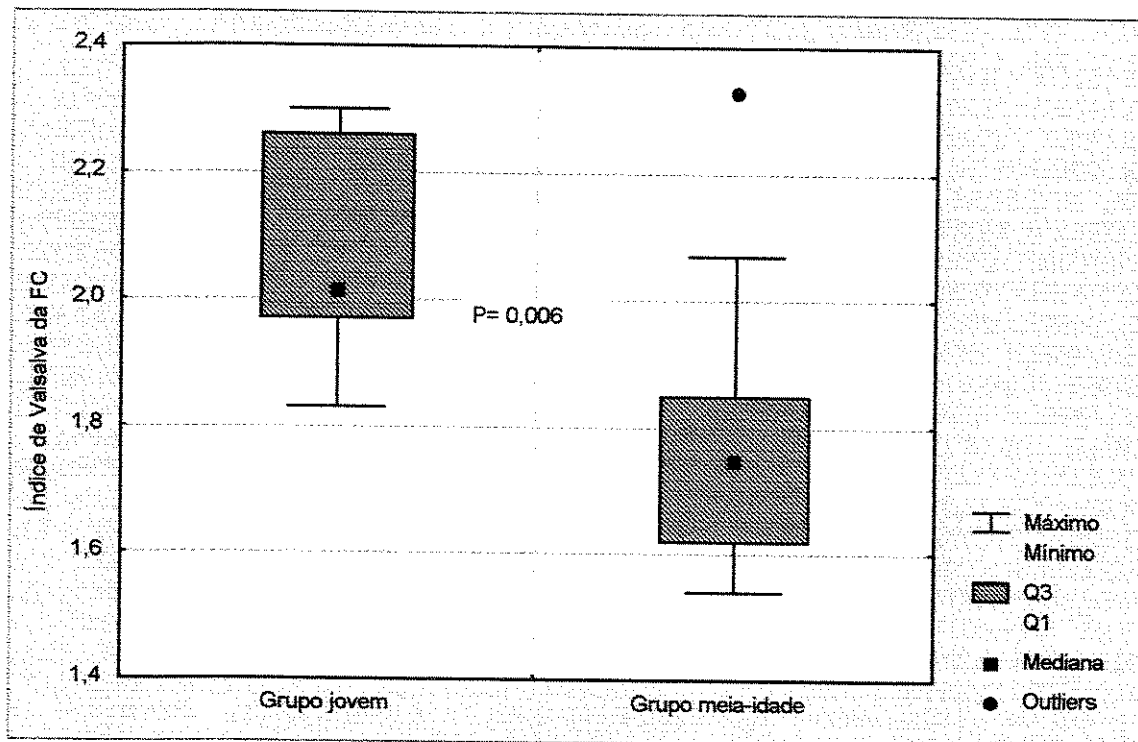


FIGURA 21: Índices de Valsalva obtidos da frequência cardíaca (FC), dos grupos jovem (N = 10) e de meia-idade (N = 11) durante a manobra de Valsalva (MV). Nível de significância $\alpha = 0,05$.

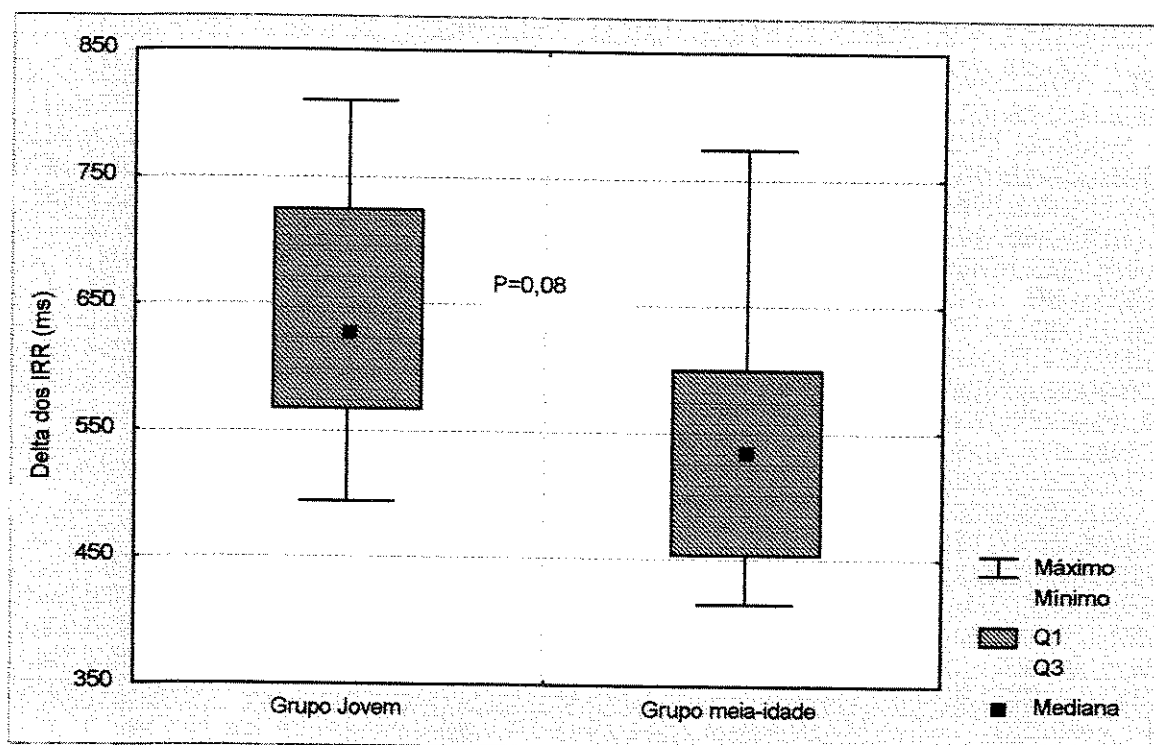


FIGURA 22: Deltas dos intervalos RR (IRR) em milisegundos (ms), dos grupos jovem (N = 10) e de meia-idade (N = 11) durante a manobra de Valsalva (MV). Nível de significância $\alpha = 0,05$.

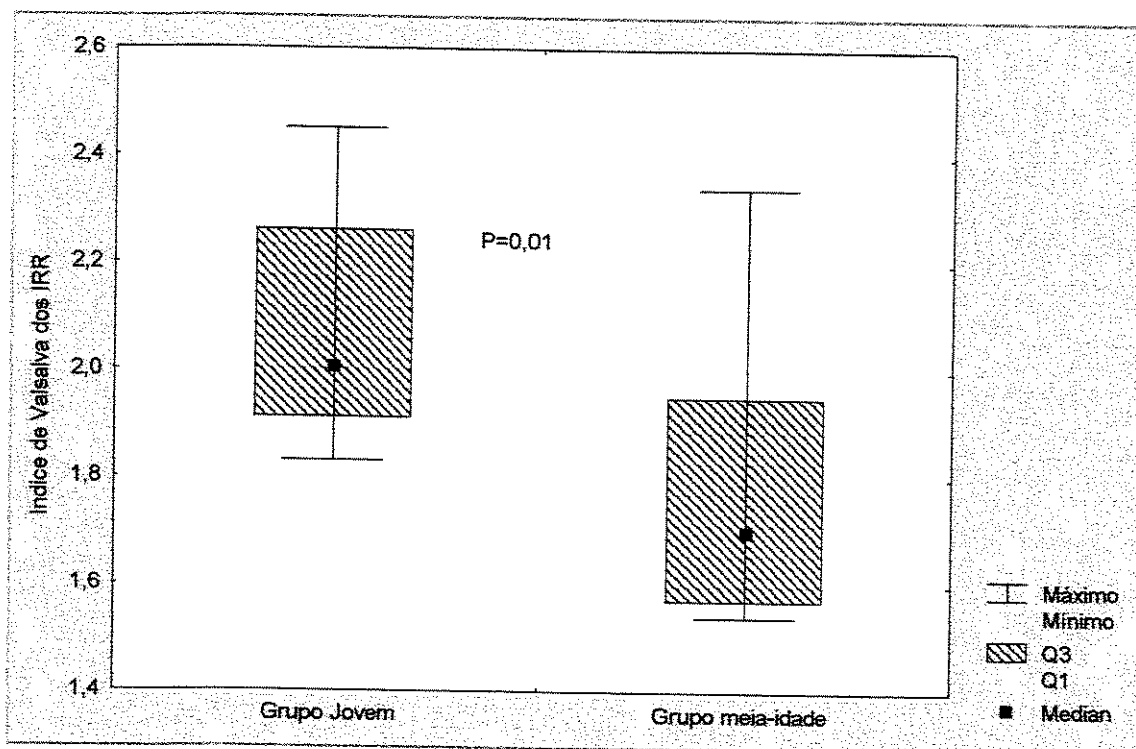


FIGURA 23: Índices de Valsalva obtidos dos intervalos RR (IRR) em milissegundos (ms), dos grupos jovem (N = 10) e de meia-idade (N = 11) durante a manobra de Valsalva (MV). Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4. Variabilidade da frequência cardíaca durante o exercício físico dinâmico descontínuo

3.4.1. No domínio do tempo

Nas figuras 24 e 25 estão representadas as respostas da FC de dois voluntários estudados (jovem - AJCL e meia-idade - JWME) durante o

repouso inicial (0 a 60 s), em esforço físico dinâmico (60 a 840 s) e em recuperação (840 a 900 s) em todas as potências estudadas durante o TEFDD. Verifica-se que, no início do exercício físico, independente do nível de potência deste, ocorre uma elevação rápida dos valores absolutos da FC. Após este período inicial, o comportamento da frequência cardíaca apresenta-se diferente em cada potência realizada pelos voluntários. Em potências baixas a FC tende a uma estabilização (abaixo do LA), ou seja, não ocorre inclinação e observa-se uma maior variabilidade da FC. Por outro lado, em potências mais elevadas (que dependeu da capacidade física do voluntário estudado) verifica-se uma menor VFC com um componente de elevação lenta dos valores absolutos (inclinação).

Entretanto, de uma forma geral os voluntários do grupo jovem (figura 24) apresentam maior VFC comparativamente aos voluntários do grupo de meia-idade (figura 25). Observa-se, ainda, que a partir de um determinado nível de esforço físico, a inclinação (representativa da elevação lenta) da FC é nítida; entretanto, em potências intermediárias é difícil definir visualmente o exato momento da inclinação do conjunto de dados da FC. Portanto, faz-se necessária, a utilização de uma abordagem estatística que permita melhor quantificação a respeito da mudança do comportamento da resposta da FC.

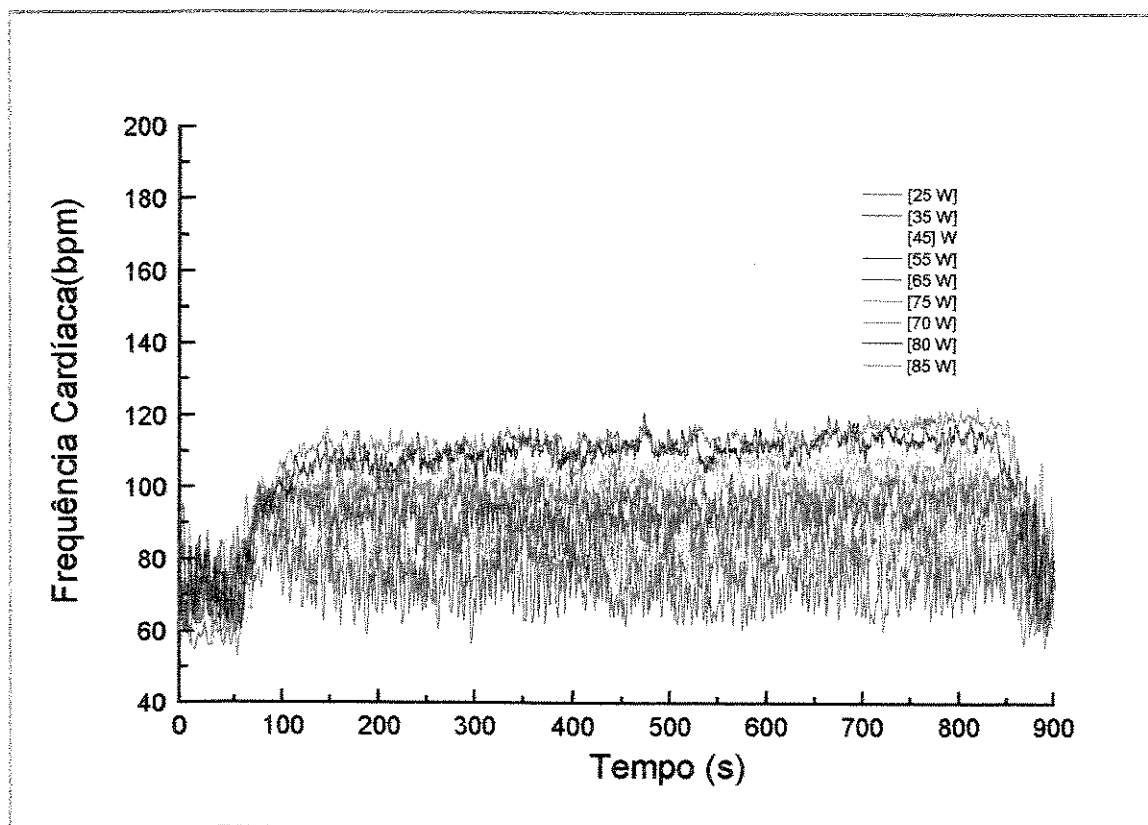


FIGURA 24: Resposta da frequência cardíaca captada em tempo real, batimento a batimento, durante o teste de esforço físico dinâmico (TEFDD) com potências progressivas de 25, 35, 45, 55, 65, 75, 70, 80 e 85 Watts (protocolo I), realizadas por um voluntário do grupo jovem (AJCL).

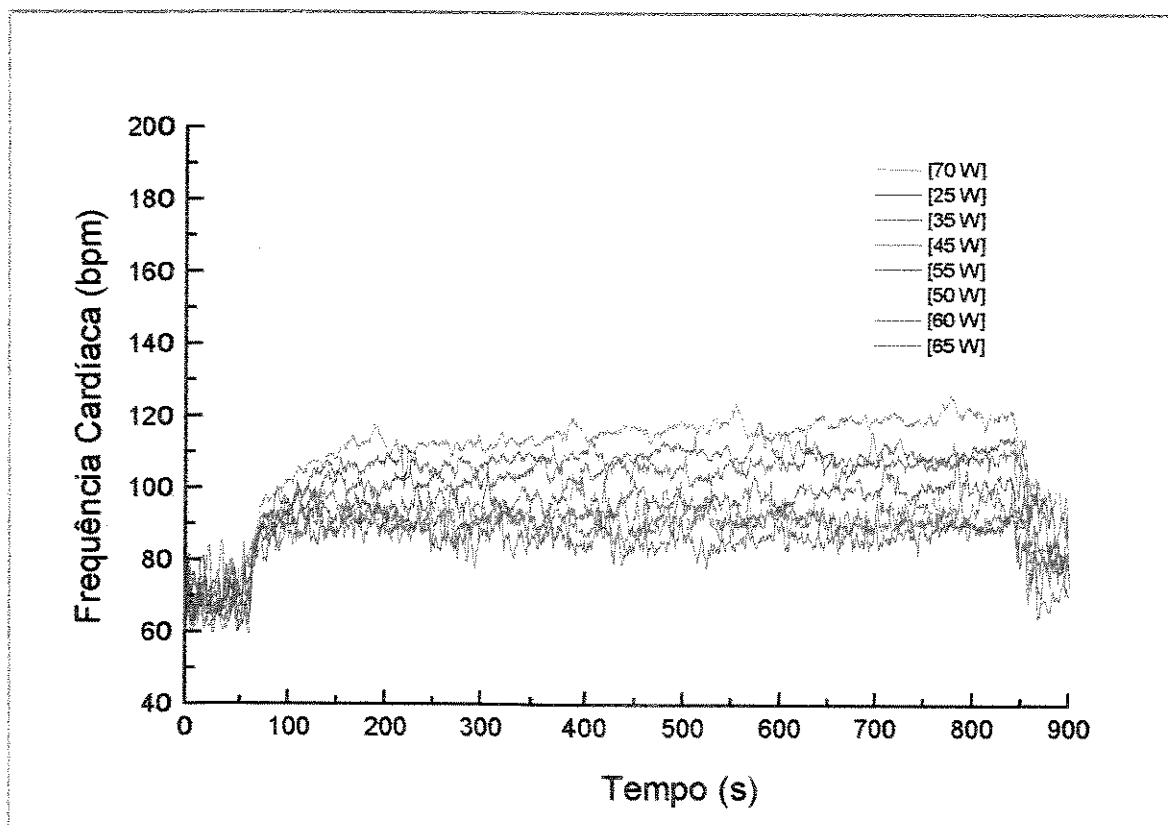


FIGURA 25: Resposta da frequência cardíaca captada em tempo real batimento a batimento, durante o teste de esforço físico dinâmico (TEFDD) com potências progressivas de 25, 35, 45, 55, 50, 60 e 65 Watts (protocolo I), realizadas por um voluntário de meia-idade (JWME).

3.4.1.1. Ajuste da regressão linear da resposta da frequência cardíaca (método dos mínimos quadrados)

Nas Tabelas 1 e 2 estão representados os coeficientes angulares das retas (β), o coeficiente de correlação e o desvio padrão obtidos a partir da análise do conjunto de dados da resposta da FC do 1^o a 13^o min de esforço físico em todas as potências estudadas nos protocolos I e II dos TEFDD.

Os valores negativos do coeficiente angular (β) indicam um declínio da resposta da FC e os valores positivos de β demonstram que a inclinação se revelou com elevação dos valores da FC, o que poderia sugerir que as potências aplicadas se situem acima do LA (figura 26).

Entretanto, deve ser ressaltado que o método de regressão linear dos dados não é o mais adequado para descrever os dados de FC, uma vez que os dados de FC são dependentes, e ocorre uma nítida dificuldade em se determinar a potência exata em que tais dados começam apresentar tendência a se inclinarem com significância confiáveis (Tabelas 7 A à 24 A no apêndice IV), principalmente nas potências intermediárias, como se pode constatar nos exemplos que se seguem:

TABELA 1: Dados dos Coeficientes angulares da reta (β), coeficientes de correlação (r), desvios padrão (DP) do ajuste linear da resposta da FC obtida em cada potência dos testes de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), de um voluntário do grupo jovem (AJCL). Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

Protocolo I (P = 0,001)				Protocolo II (P = 0,20)			
Pot (W)	Coef Ang (β)	Coef de Cor (r)	DP	Pot (W)	Coef Ang (β)	Coef de Cor (r)	DP
25	0,00413	0,13	0,00102	35	0,01319	0,48	0,00073
35	0,00317	0,10	0,00094	45	0,00433	0,20	0,00064
45	0,00280	0,10	0,00081	55	0,00175	0,09	0,00052
55	0,00507	0,23	0,00061	65	0,00242	0,17	0,00040
50	0,01074	0,54	0,00047	75	0,00620	0,42	0,00037
60	0,00596	0,36	0,00045	70	0,00445	0,31	0,00038
65	0,01119	0,64	0,00037	80	0,00491	0,37	0,00034
70	0,01141	0,691	0,00032	85	0,00856	0,572	0,00034

Potência: Pot; Watts: W; coeficiente angular da reta: Coef Ang; coeficiente de correlação: Coef de Cor; desvio padrão: DP

TABELA 2: Dados dos coeficientes angulares da reta (β), coeficientes de correlação (r) e desvios padrão (DP) do ajuste linear da resposta da FC obtida em cada potência dos testes de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), de um voluntário do grupo de meia-idade (JWME). Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

Protocolo I (P= 0,0002)				Protocolo II (P=0,005)			
Pot (W)	Coef Ang (β)	Coef de Cor (r)	DP	Pot (W)	Coef Ang (β)	Coef de Cor (r)	DP
25	-0,00006	-0,01	0,00045	25	-0,00353	-0,01	0,00033
35	-0,00245	-0,16	0,00046	35	0,00336	0,26	0,00037
45	0,00648	0,43	0,00041	45	0,00059	0,06	0,00029
55	0,01086	0,69	0,00033	55	0,00776	0,62	0,00028
50	0,00753	0,51	0,00038	50	0,00147	0,17	0,00024
60	0,01263	0,78	0,00028	60	0,01229	0,81	0,00025
65	0,00847	0,60	0,00031	65	0,00938	0,69	0,00027
70	0,01632	0,87	0,00025	70	0,00655	0,60	0,00024

Potência: Pot; Watts: W; coeficiente angular da reta: Coef Ang; coeficiente de correlação: Coef de Cor; desvio padrão: DP

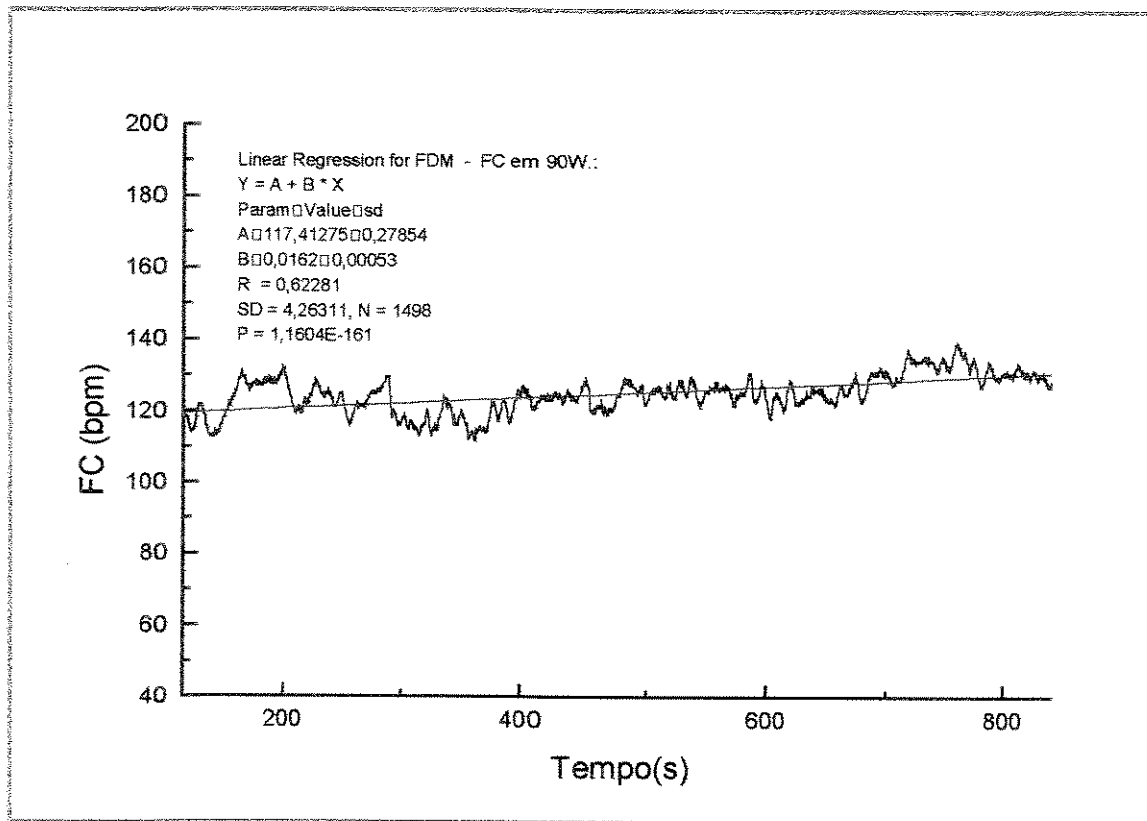


FIGURA 26: Representação gráfica e os valores do ajuste, por regressão linear, da resposta da frequência cardíaca do 1° ao 13° min de esforço físico, na potência de 90 Watts (W) dos protocolos I e II do TEFDD, com potências alternadas, em um dos voluntários estudados (FDM).

Mediante os aspectos relacionados, tornou-se necessário uma abordagem estatística, que levasse em consideração o fato dos dados de FC serem amostras dependentes. Neste contexto, é que se optou pelo uso de modelos mais adequados às características do conjunto de dados durante a execução do exercício físico: o modelo autorregressivo-integrado-médias

móveis (ARIMA) foi por nós escolhido para que estes objetivos fossem alcançados.

3.4.1.2. Ajuste dos modelos autorregressivos-integrados-médias móveis (ARIMA) aos dados da resposta da frequência cardíaca durante o exercício físico (protocolos I e II)

A aplicação dos modelos autorregressivos-integrados-médias móveis (ARIMA) permite estimar o LA, ou seja em qual potência de esforço físico a série de dados de FC apresenta tendência (inclinação). A estrutura do modelo ARIMA consiste das seguintes parâmetros (p,d,q), onde p = a ordem dos termos autorregressivos; q = a ordem de termos médias móveis e d = números de diferenciações da série até torná-la estacionária. Tais modelos descrevem o comportamento da série de dados de FC e fazem previsões a respeito da mesma. (Tabelas 25A e 26A do Apêndice IV).

Para a análise da VFC na determinação do limiar de anaerobiose, pelo método ARIMA, foram estudados 9 voluntários de cada grupo.

3.4.1.2.1. Desempenho do ajuste dos modelos ARIMA

Na figura 27 observa-se que o desempenho do ajuste dos modelos ARIMA por meio dos quadrados médios dos resíduos (QMR). Os valores de

QMR, nas potências onde observou-se o LA, não foram estatisticamente diferentes nos protocolos estudados (I e II), o que indica um bom desempenho dos modelos ajustados. Quanto à variabilidade dos dados do QMR (distância entre o 1° e o 3° quartil), verifica-se que esta foi maior no protocolo I, para ambos os grupos estudados.

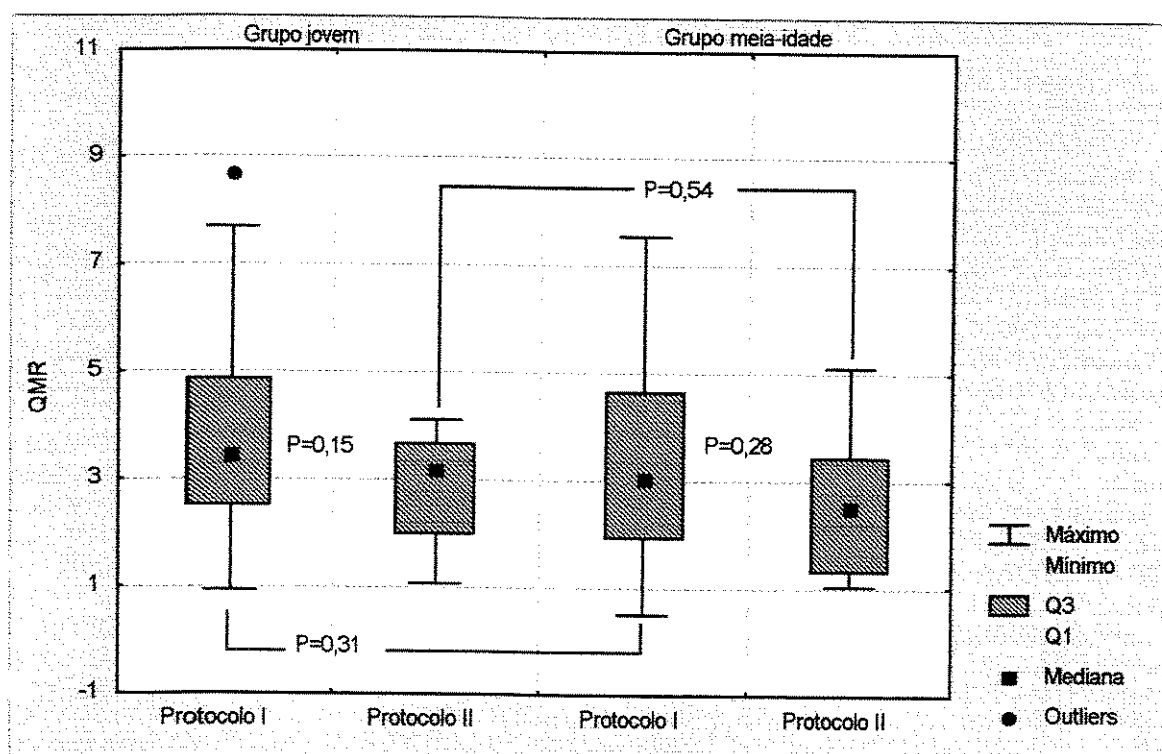


FIGURA 27: Quadrado médio dos resíduos (QMR) no momento em que ocorreu o limiar de anaerobiose (LA), durante os testes de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) protocolos I e II dos grupos jovem ($N = 9$) e de meia-idade ($N = 9$). Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4.1.2.2. Resposta da frequência cardíaca ao nível do exercício físico em que ocorreu o limiar de anaerobiose (LA)

Na figura 28 verifica-se que não ocorreram diferenças estatisticamente significantes nas respostas da FC ao nível do LA; assim, para o grupo jovem, a FC foi de 116 bpm em ambos protocolos e para o grupo de meia-idade foi de 96 bpm no protocolo I e 107 bpm no protocolo II. Quanto à variabilidade dos dados, ou seja, a distância entre o 1º e o 3º quartil, esta foi maior para o grupo de meia-idade no protocolo I, e para o restante dos dados a variabilidade foi similar nos grupos estudados.

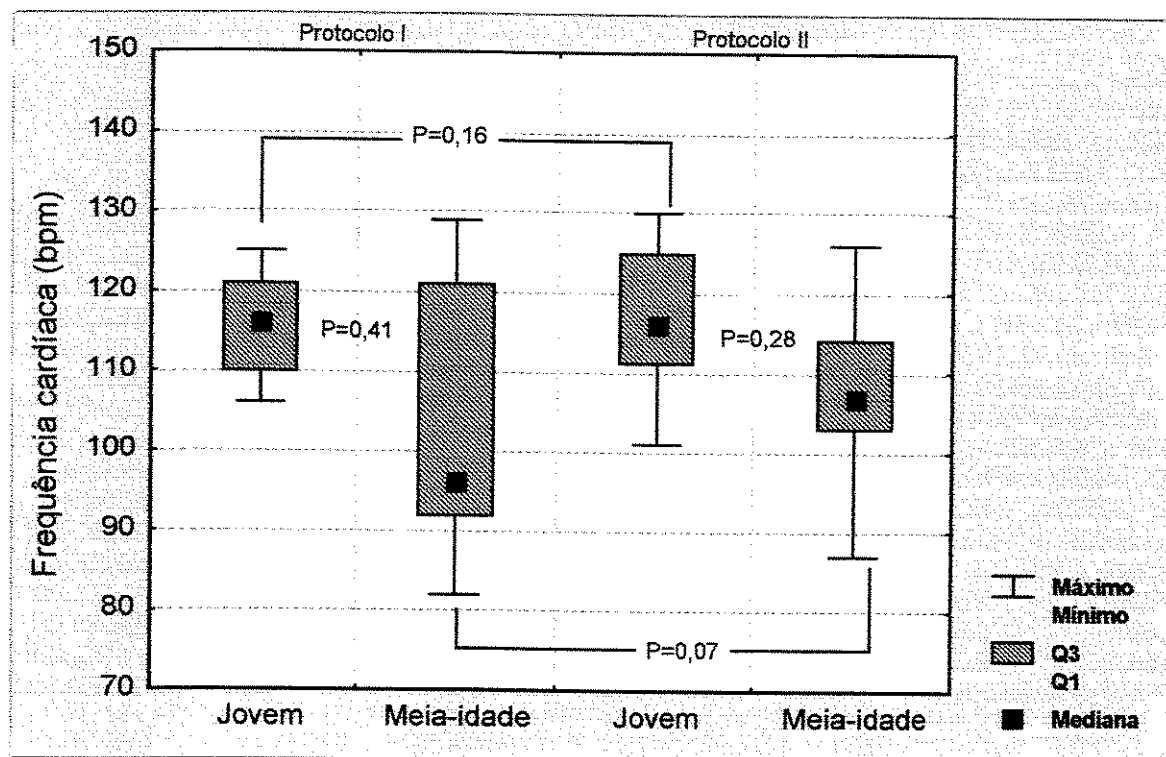


FIGURA 28: Frequência cardíaca em batimentos por minuto (bpm) observada nos grupos jovem e de meia-idade, ao nível de esforço físico em que ocorreu o limiar de anaerobiose (LA). Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4.1.2.2.1. Percentual de frequência cardíaca no limiar de anaerobiose em relação a frequência cardíaca pico

Na figura 29 observam-se os valores percentuais da FC em que ocorreu o LA em relação a FC pico atingida pelos voluntários estudados no teste de esforço físico contínuo de avaliação. Verifica-se que os valores

percentuais da FC ao nível do LA em relação à FC pico dos grupos jovem e de meia-idade, nos protocolos I e II, não apresentaram diferenças estatisticamente significantes. Quanto à variabilidade dos dados de percentagem de FC (distância entre o 1º e o 3º quartil), esta foi maior nos protocolos I e II, para os voluntários de meia-idade.

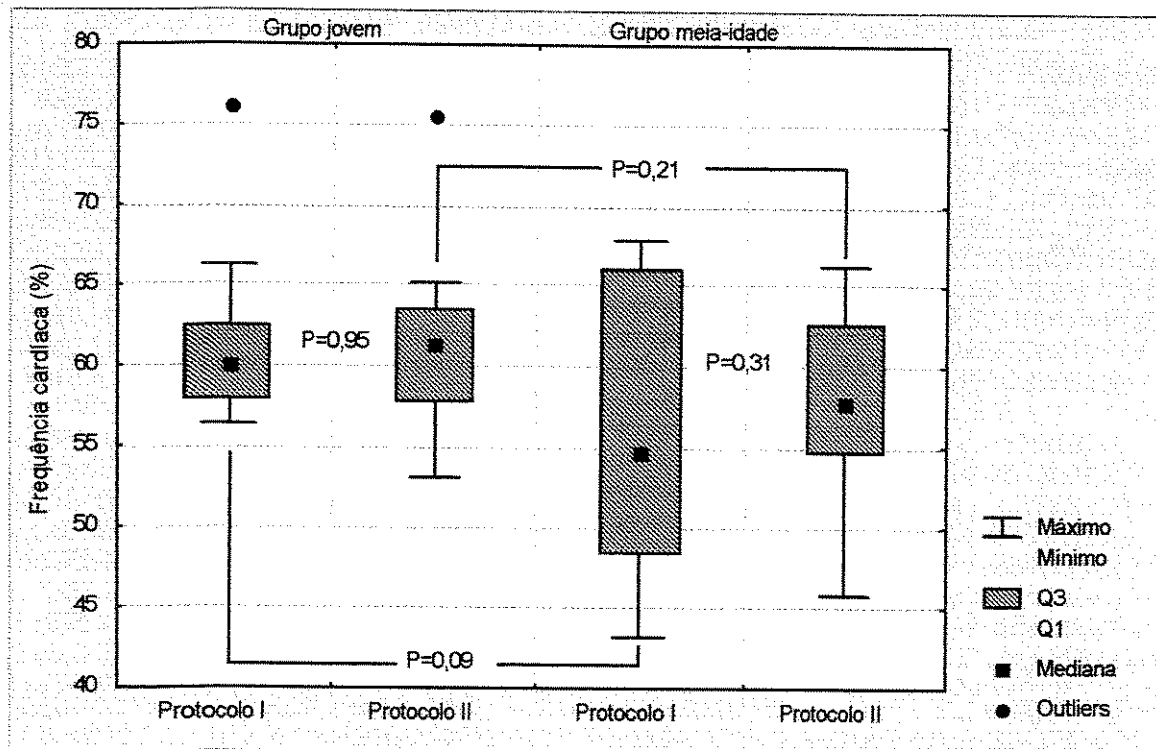


FIGURA 29: Dados percentuais (%) de frequência cardíaca no limiar de anaerobiose (LA), em relação à frequência cardíaca pico, atingida no teste de esforço físico dinâmico contínuo pelos voluntários nos grupos jovem (N = 9) e de meia-idade (N = 9). Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4.1.2.3. Potência de esforço físico em Watts ao nível do limiar de anaerobiose

A figura 30 mostra os valores de potência de esforço, em Watts, nas quais ocorreu o LA, obtidos através do ajuste dos modelos ARIMA a série de dados de FC, durante cada potência dos TEFDD (protocolos I e II). Verifica-se, que os níveis de potências (W) atingidas pelos grupos jovem e de meia-idade no LA são similares para ambos protocolos, não apresentando diferença estatisticamente significantes intra-grupo ($P > 0,05$). Por outro lado, comparando-se os grupos estudados, apenas documenta-se diferenças estatisticamente significantes no protocolo I (com potências progressivas). Quanto à variabilidade dos dados intra-grupo (distância entre o 1º e o 3º quartil), verifica-se que esta é maior no protocolo I, para o grupo jovem, onde o valor da mediana coincide com o 1º quartil.

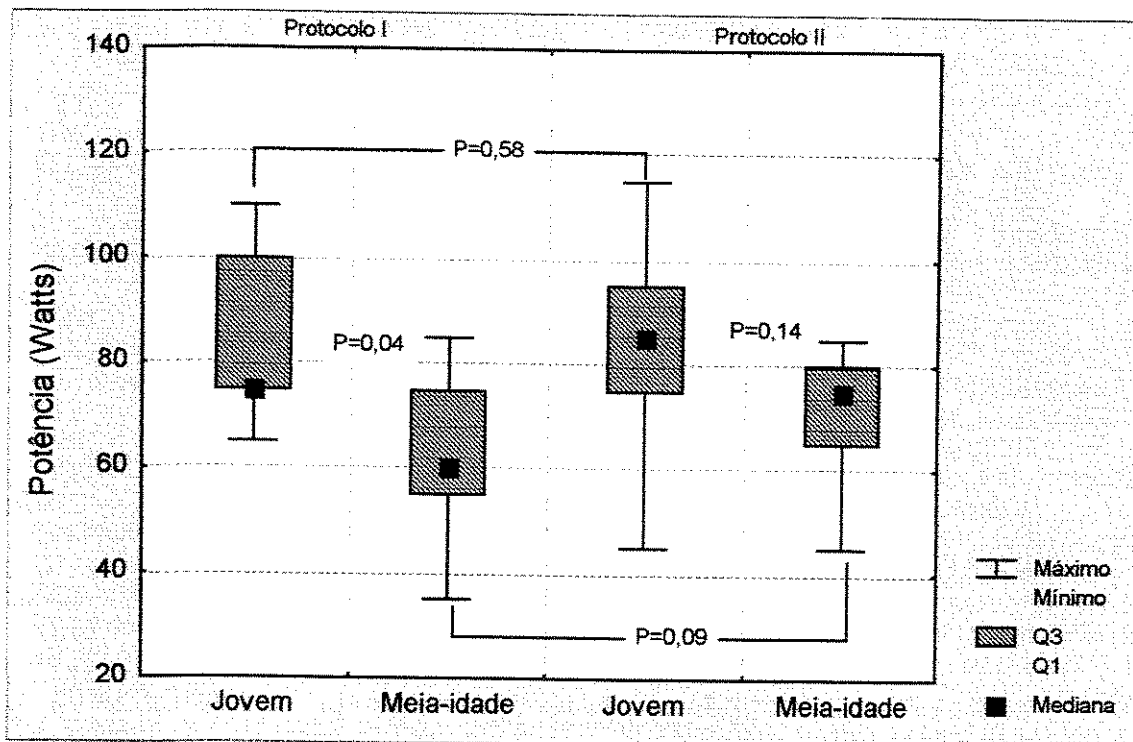


FIGURA 30: Nível de potências em Watts (W) de esforço físico em que ocorreu o limiar de anaerobiose (LA), observados nos grupos jovem (N = 9) e de meia-idade (N = 9). Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4.1.2.3.1. Percentual da potência ao nível do limiar de anaerobiose em relação a potência pico atingida no teste de esforço físico contínuo de avaliação

Na figura 31 observam-se os valores percentuais de potência ao nível do LA (protocolo I e II), em relação a potência pico atingida pelos voluntários estudados no teste de esforço físico contínuo de avaliação. O percentual da

potência atingida no LA apresenta diferenças estatisticamente significantes somente entre os grupos no protocolo I ($P < 0,05$), uma vez que o grupo de meia-idade atingiu o LA numa percentagem de potência inferior ao grupo jovem. Porém, não se observa diferenças estatisticamente significantes intra grupos quando analisam-se os dois protocolos. Quanto à variabilidade dos dados (distância entre o 1º e o 3º quartil), esta foi comparável em ambos protocolos e grupos estudados. Apenas no protocolo I no grupo de meia-idade a mediana está mais próxima do 3º quartil.

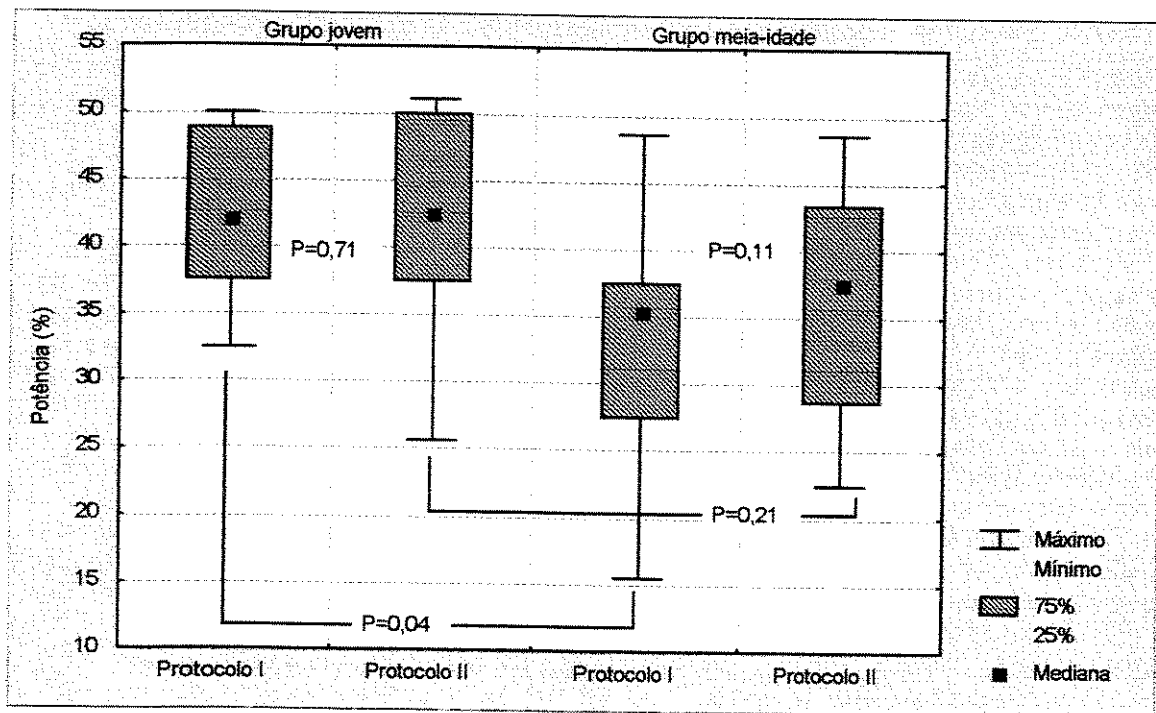


FIGURA 31: Dados percentuais da potência de esforço físico no limiar de anaerobiose (LA), em relação à potência pico atingida pelos voluntários dos grupos jovem ($N = 9$) e de meia-idade ($N = 9$), durante o teste de esforço físico dinâmico contínuo. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4.1.3. Ajuste dos modelos autorregressivos-integrados-médias móveis (ARIMA) aos dados da resposta da frequência cardíaca durante o Protocolo III

Outro aspecto que merece destaque é o fato de que os 4 voluntários que repetiram o protocolo I, em condições nas quais respiram através de um bocal conectado ao analisador de medidas metabólicas (protocolo III), o LA, determinado pela mesma metodologia estatística (ARIMA), ocorreu em potências e valores de FC mais baixos, comparativamente ao protocolo I. Apenas, os valores de FC do voluntário WJBS foram superiores no protocolo III (Tabela 3). Este achado mostra que pequenas alterações no protocolo, envolvendo a colocação do sistema bucal-capacete e utilizando-se outros equipamentos, podem causar modificações na determinação do LA.

TABELA 3: Valores absolutos da frequência cardíaca em batimentos por minuto (bpm) e do nível de esforço físico em Watts (W) os quais ocorreu o limiar de anaerobiose (LA) em voluntários jovens (J) e de meia-idade (MI), obtidos através do método ARIMA, durante os protocolos I (com potências progressivas) e III (potências progressivas e com o uso do analisador de medidas ventilatórias e metabólicas).

	Protocolo I	Protocolo III	Protocolo I	Protocolo III
Voluntários	FC (bpm)	FC (bpm)	Potência (W)	Potência (W)
DB (J)	141	128	110	95
JWME (MI)	92	86	35	35
MRC (J)	122	120	65	45
WJBS (J)	122	125	85	80

Jovem: J; Meia-idade: MI; Watts: W; batimentos por minutos: bpm.

3.4.1.4. Análise do limiar de anaerobiose pelos métodos ARIMA e ventilatório

Três voluntários participaram desta etapa, mas, as curvas das variáveis metabólicas de um dos voluntários do grupo de meia-idade (JWME) não se mostraram adequadas para análise do LA. As figuras 32 e 33 mostram os valores da potência de esforço físico em W ao nível do LA pelo método ventilatório (protocolo IV) e assinalado em vermelho a potência em que ocorreu o LA, obtido pelo método ARIMA (protocolo III) de dois voluntários do grupo jovem. Analisando-se qualitativamente, constata-se que o valor do LA (potência em W), obtido pelos dois métodos acima relacionados, ocorre em potências de esforço físico muito semelhantes para ambos voluntários estudados. Para o voluntário DB o LA pelo método ARIMA ocorreu na potência de 95 Watts com uma FC de 128 bpm, ao passo que o LA ventilatório ocorreu na potência de 90 Watts, com um $\dot{V}_{O_2}$ de 1,270 l/min. Por outro lado, para o voluntário WJBS, o LA obtido pelo método ARIMA, ocorreu em 80 Watts, com uma FC de 125 bpm, e o LA ventilatório em 87 Watts, com um $\dot{V}_{O_2}$ de 1,155 l/min (Figuras 1A à 8A no apêndice V).

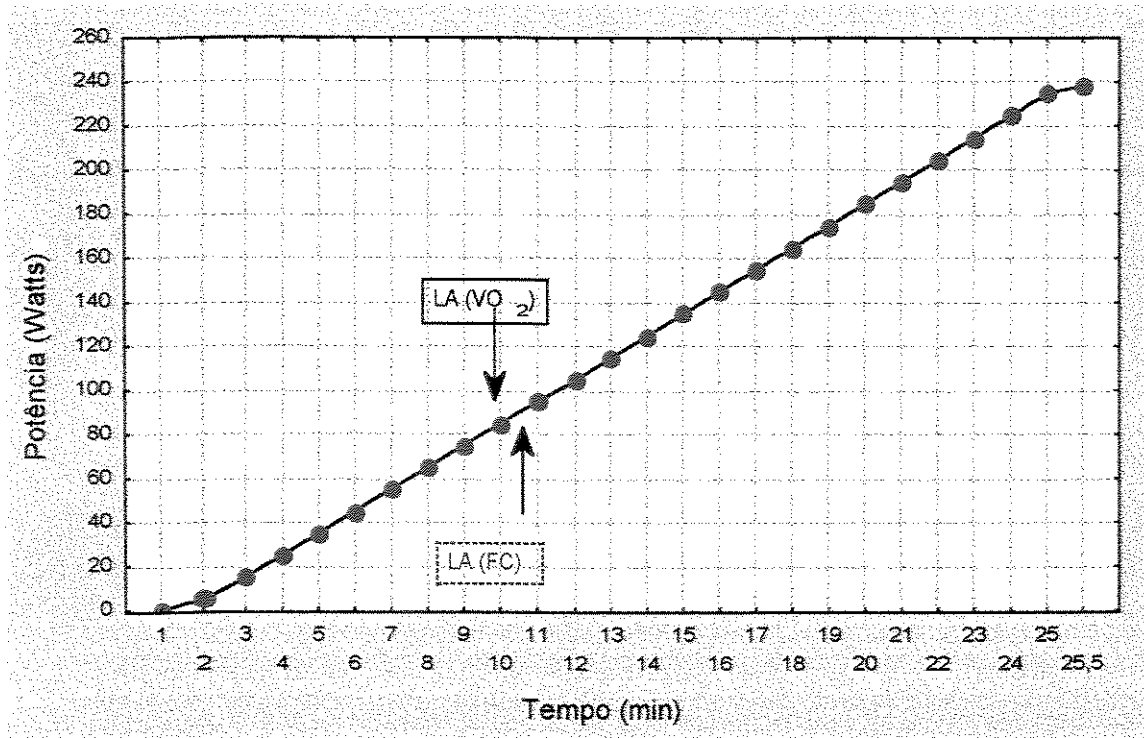


FIGURA 32: Potência de esforço físico em Watts realizadas pelo voluntário DB durante o protocolo IV e os valores do limiar de anaerobiose (LA) obtidos pela análise da VFC (método ARIMA) (LA - FC) e pelo método ventilatório (LA - $\dot{V}O_2$).

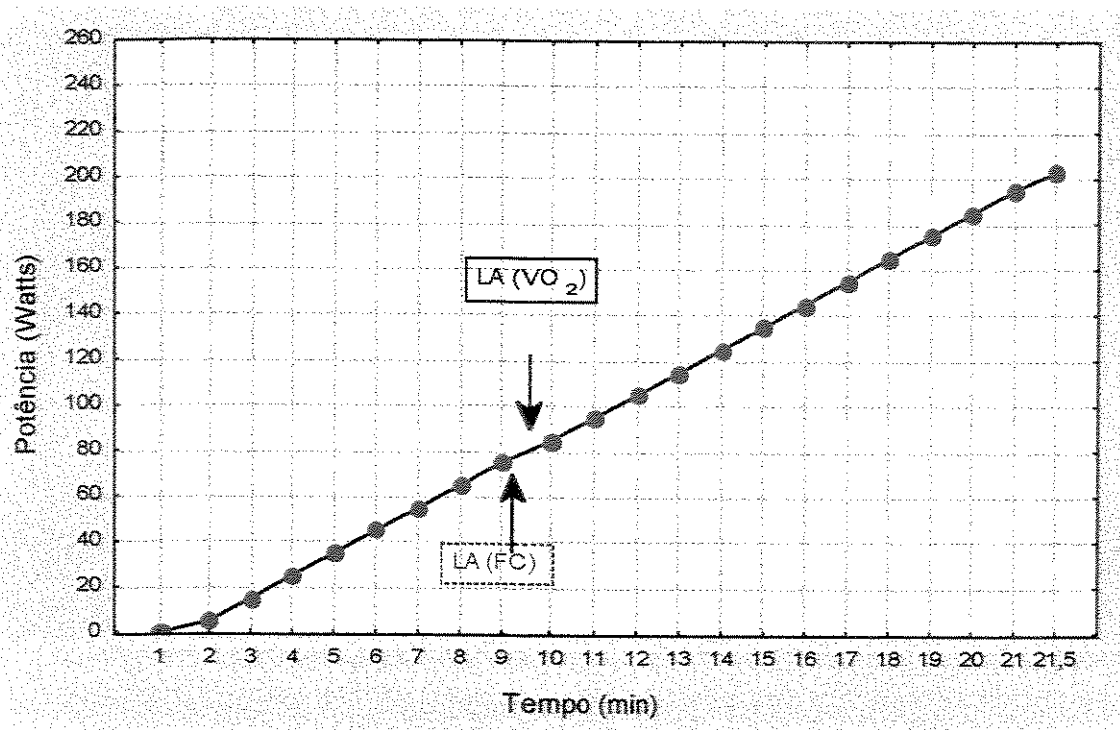


FIGURA 33: Potência de esforço físico em Watts realizadas pelo voluntário WJBS durante o protocolo IV e os valores do limiar de anaerobiose (LA) obtidos pela análise da VFC (método ARIMA) (LA - FC) e pelo método ventilatório (LA - $\dot{V}O_2$).

3.4.1.5. Índices de variabilidade da frequência cardíaca

A VFC por meio dos índices temporais foi estudada em 10 voluntários jovens e 11 de meia-idade. Nas figuras 34 e 35 observam-se os dados de dois voluntários, um do grupo jovem e o outro do grupo de meia-idade. Partindo-se da análise da VFC, da posição de repouso supina para sentada e para a de exercício físico, verifica-se que ocorreu uma diminuição da variabilidade da

freqüência cardíaca, para ambos os voluntários estudados, documentada pela diminuição dos índices de VFC (RSM e RMSSD). Com o incremento das potências de esforço físico aplicadas observa-se o mesmo comportamento, ou seja, os valores dos índices de VFC diminuíram (Tabelas 27A à 30A no apêndice IV), culminando em menores valores em torno da potência na qual observou-se o LA, obtido a partir da aplicação do método ARIMA ao conjunto de dados de FC.

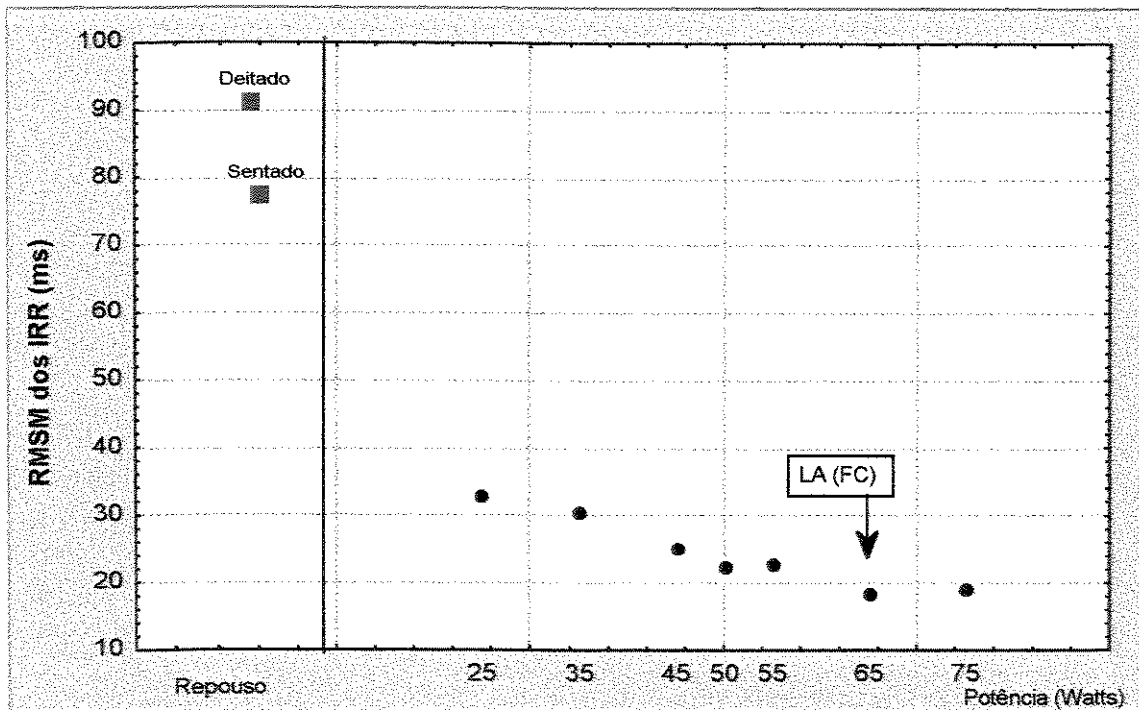


FIGURA 34: Valores individuais dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milissegundos (RSM) de um voluntário do grupo jovem nas condições de repouso e durante as potências de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) no protocolo I. O nível do limiar de anaerobiose (LA), a partir da análise da VFC (método ARIMA), está assinalado no gráfico.

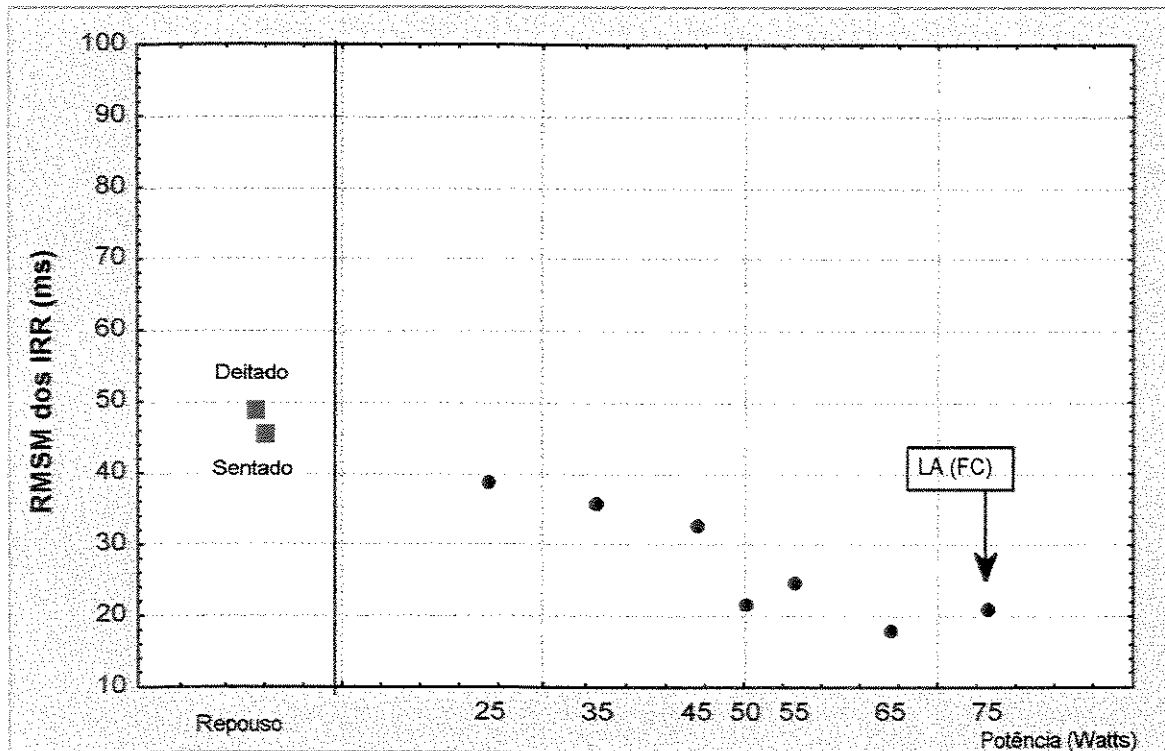


FIGURA 35: Valores individuais dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milisegundos (RMSM) de um voluntário do grupo de meia-idade nas condições de repouso e durante as potências de esforço físico dinâmico descontínuo (TEFDD) no protocolo I. O nível do limiar de anaerobiose (LA), a partir da análise da VFC (método ARIMA), está assinalado no gráfico.

3.4.1.5.1. Grupo jovem

Nas figuras 36 e 37 estão representados os valores de RMSM e RMSS nos níveis de potências de esforço físico comuns aos voluntários do grupo jovem. Verifica-se, que com o incremento de potência ocorre

uma diminuição dos índices de VFC (RMSM e RMSSD) ($P < 0,05$). Em relação ao RMSM as diferenças foram estatisticamente significantes ($P < 0,05$) entre a potência de 25 W e as potências de 45 W, 55 W e 65 W; e entre a potência de 35 W e as potências de 55 W e 65 W. Porém, não se observam diferenças estatisticamente significante entre as potências com incrementos de 10 W. Por outro lado, os valores de RMSSD durante as potências de esforço físico apresentam diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,05$) somente entre a potência de 25 W em relação as potências de 45 W, 55 W e 65 W e entre a potência de 35 W em relação as potências de 55 W e 65 W. Quanto à variabilidade dos dados (distância entre o 1º e o 3º quartil), esta foi maior na potência de 25 W para ambos os índices de VFC (RMSM e RMSSD).

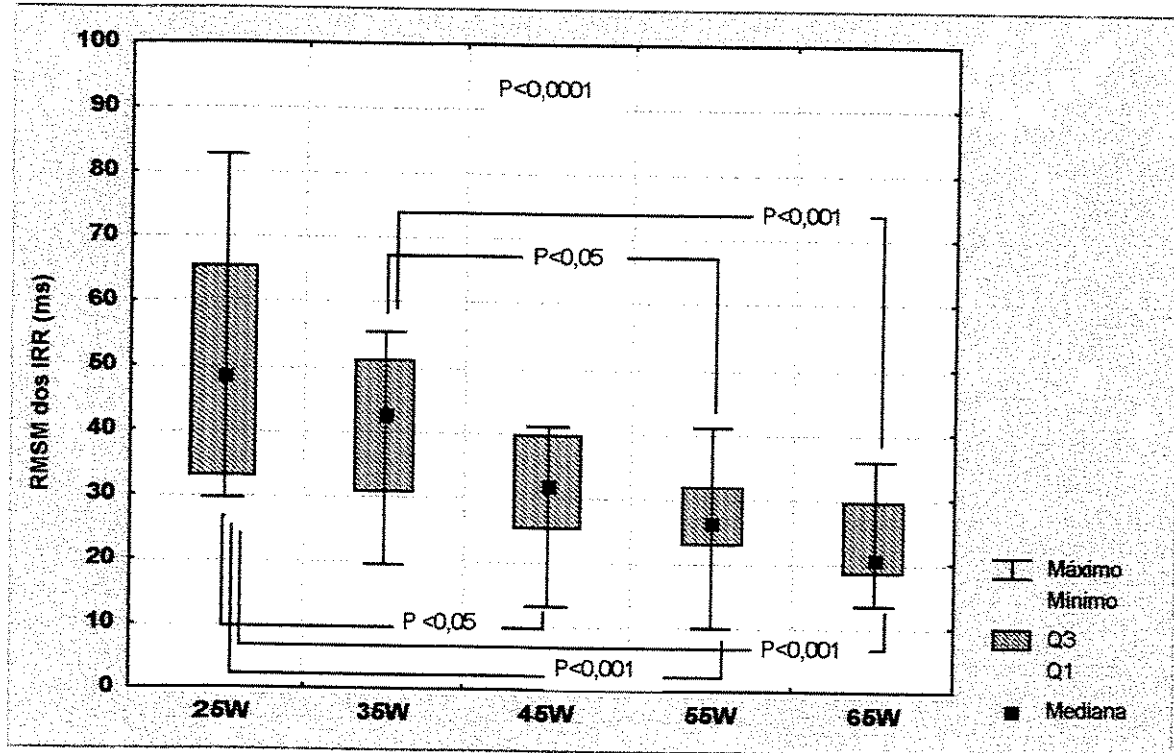


FIGURA 36: Valores dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milisegundos (RMSM) dos voluntários do grupo jovem ($N = 10$), durante as potências do protocolo I realizadas em comum por todos os voluntários estudados. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

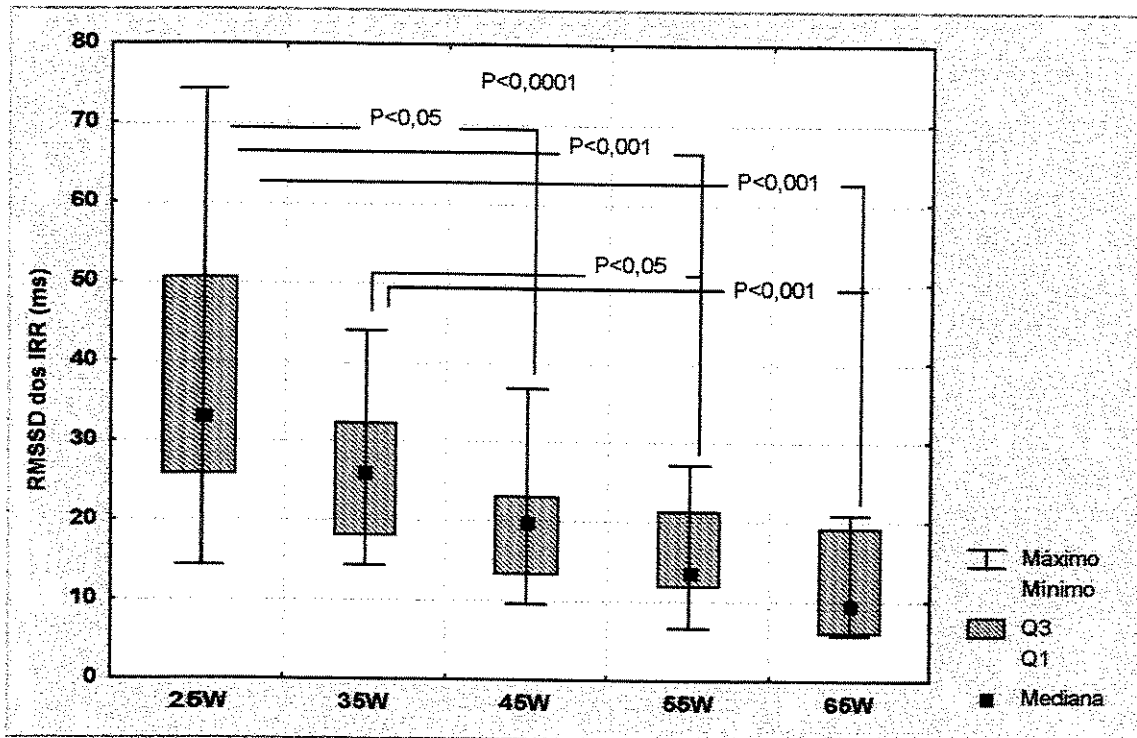


FIGURA 37: Valores dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milisegundos (RMSSD) dos voluntários do grupo jovem ($N = 10$), durante as potências do protocolo I, realizadas em comum, por todos os voluntários estudados. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4.1.5.2. Grupo meia-idade

As figuras 38 e 39 expressam os valores dos índices de VFC, RMSM e RMSS nos níveis de potências de esforço físico comuns aos voluntários do grupo de meia-idade. Observa-se que com o incremento de potência ocorreu a diminuição dos índices RMSM e RMSSD ($P < 0,05$). Os valores de RMSM

que apresentam diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,05$) foram durante as potências de esforço físico, entre a potência de 25 W e as potências de 55 W e 65 W e entre a potência de 35 W e as potências de 55 W e 65 W entre as demais potências as diferenças não foram estatisticamente significantes. Por outro lado, os valores de RMSSD apresentam diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,05$) entre a potência de 25 W e as potências de 55 W e de 65 W. Quanto à variabilidade dos dados (distância entre o 1º e o 3º quartil), esta foi menor na potência de 65 W para os dados de RMSM e maior na potência de 25 W para os dados de RMSSD.

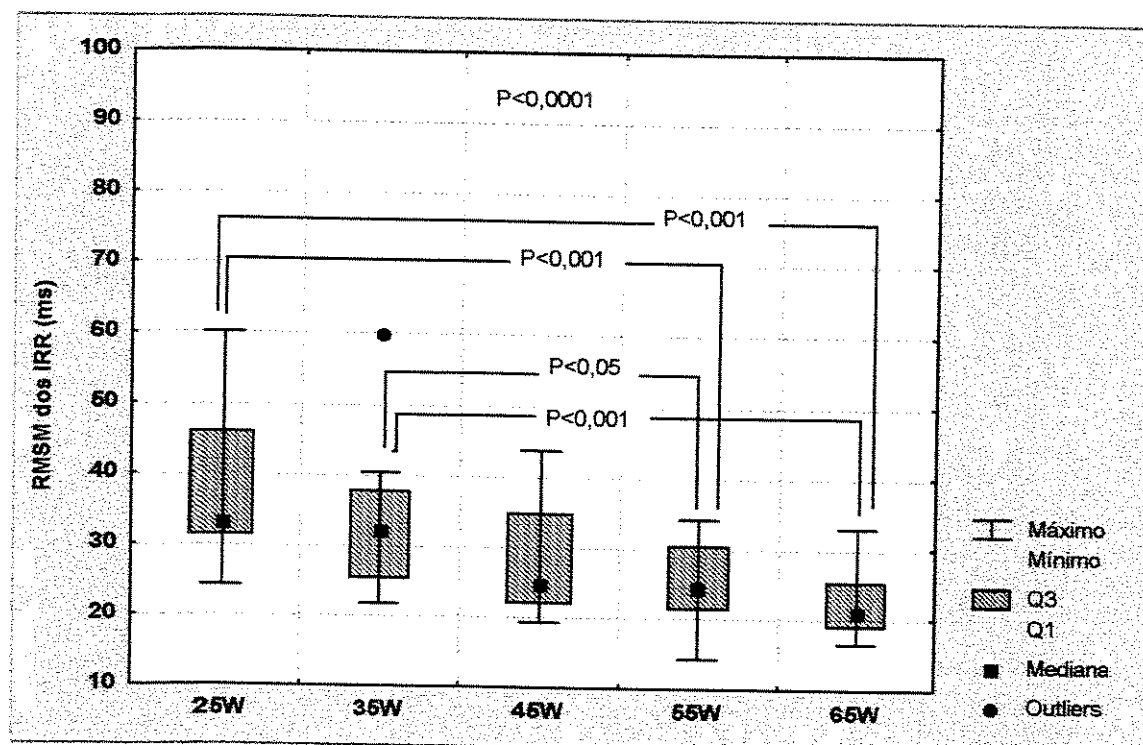


FIGURA 38: Valores dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milissegundos (RMSM) dos voluntários do grupo de meia-idade ($N = 11$), durante as potências do protocolo I, realizadas em comum por todos os voluntários estudados. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

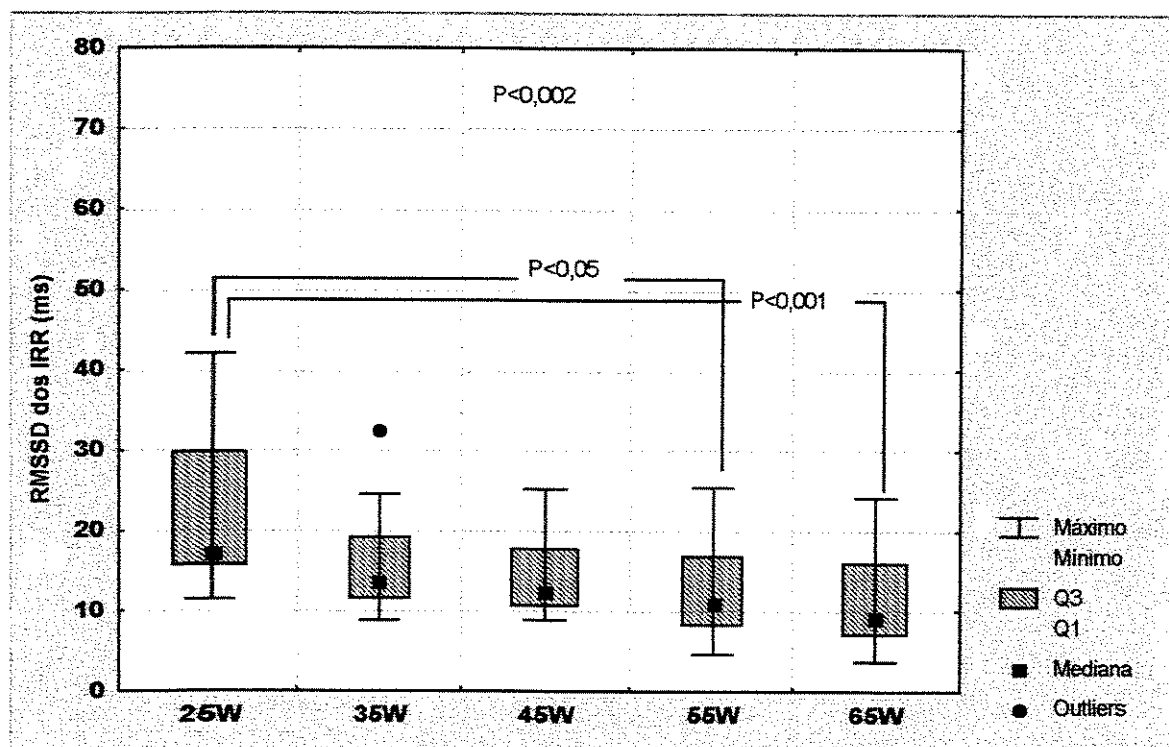


FIGURA 39: Valores dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milissegundos (RMSSD) dos voluntários do grupo de meia-idade ($N = 11$), durante as potências do protocolo I, realizadas em comum por todos os voluntários estudados. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4.1.5.3. Grupo jovem Vs grupo meia-idade

Nas figuras 40 e 41 observa-se a comparação dos índices de VFC entre os grupos estudados. Para o RMSM (figura 40) observa-se que os valores para o grupo de meia-idade são menores, porém, não apresentam diferenças estatisticamente significantes. Por outro lado, na figura 41

observa-se para o RMSSD o mesmo comportamento, ou seja, os índices são menores para o grupo de meia-idade, porém, apresentam diferenças estatisticamente significante nas potências de 25 W e na potência de 35 W ($P < 0,05$). Quanto à variabilidade dos dados (distância entre o 1º e o 3º quartil), esta foi maior no grupo jovem, comparativamente ao grupo de meia-idade.

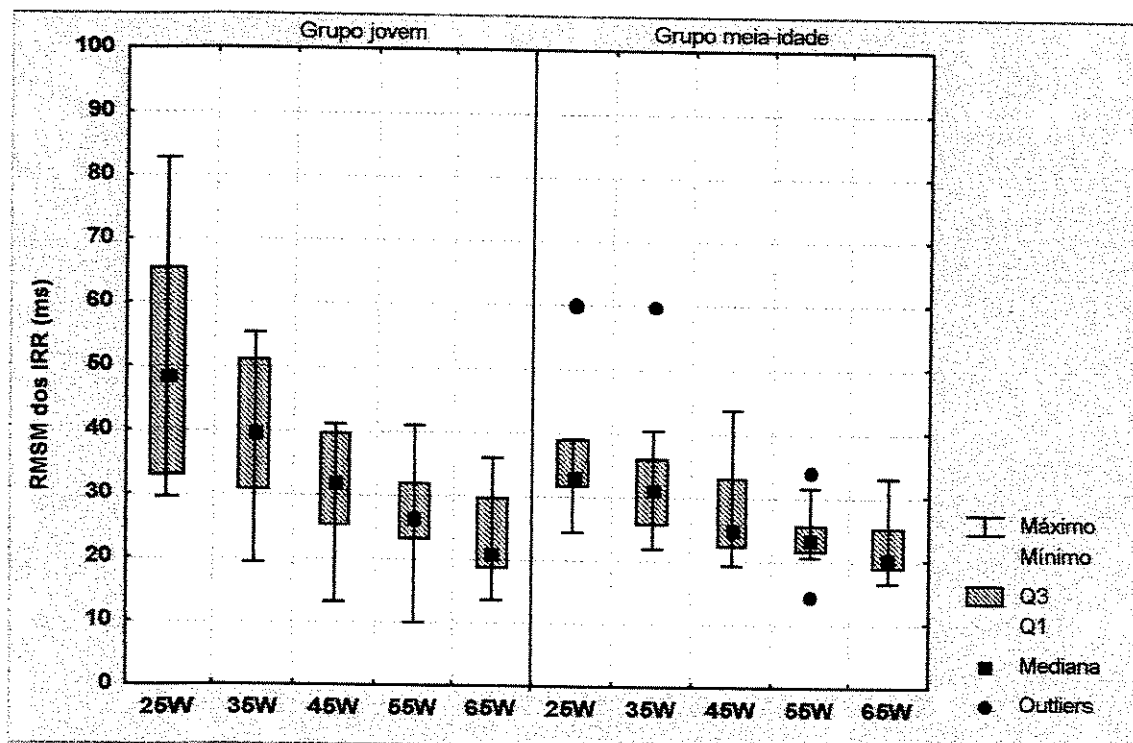


FIGURA 40: Comparação dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milissegundos (RMSM) dos voluntários do grupo jovem ($N = 10$) e de meia-idade ($N = 11$), durante as potências do protocolo I, realizadas em comum por todos os voluntários estudados. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

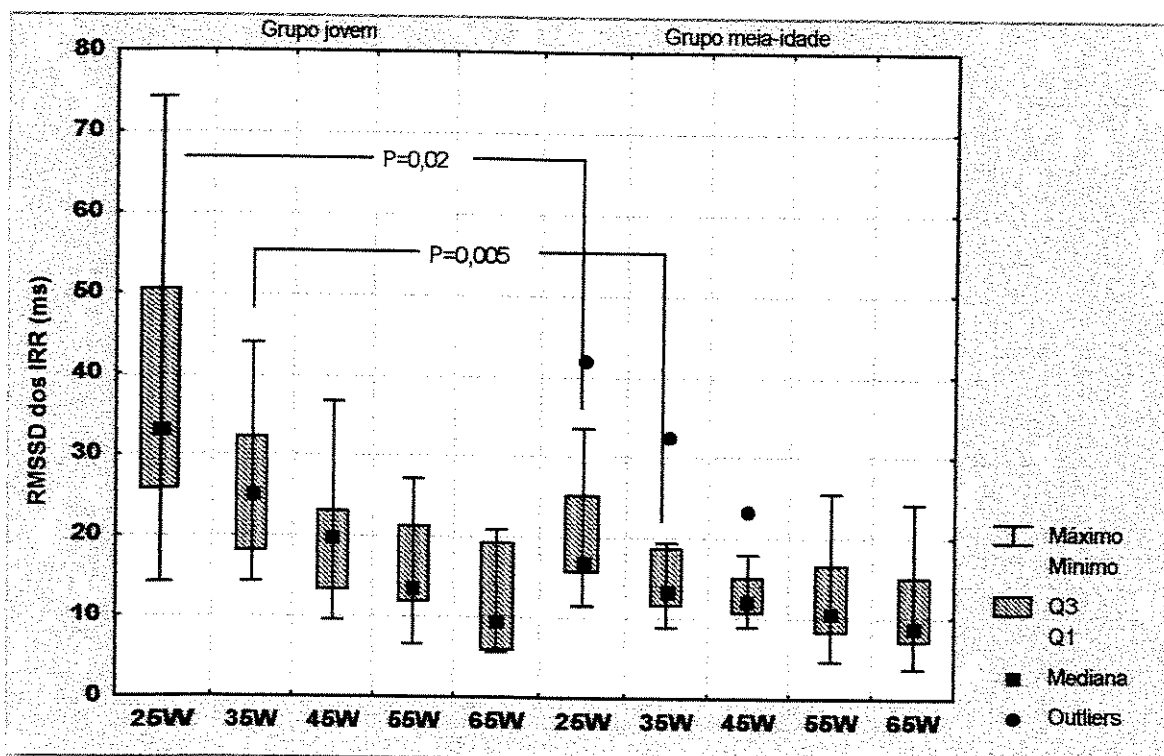


FIGURA 41: Comparação dos índices de variabilidade da frequência cardíaca a partir dos intervalos RR em milissegundos (RMSSD) dos voluntários do grupo jovem (N = 10) e de meia-idade (N = 11), durante as potências do protocolo I, realizadas em comum por todos os voluntários estudados. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4.2. Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca no Domínio da Frequência

A análise da VFC no domínio da frequência foi realizada em 5 voluntários do grupo jovem e 5 de meia-idade.

3.4.2.1. Valores absolutos das áreas espectrais

Nas figuras 42 e 43 verificam-se os valores absolutos das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas através dos intervalos IRR de um voluntário do grupo jovem e outro do grupo de meia-idade, durante o protocolo I. Constatase, de uma forma geral, que os valores das áreas espectrais totais aumentam com o incremento de potência de esforço físico, enquanto as áreas espectrais de AF quase não se alteram. Por outro lado, as áreas espectrais de BF e de MF aumentam gradualmente. Porém, este comportamento não foi homogêneo para todos os voluntários (Figuras 9A à 26A no apêndice V e Tabelas 31A à 36A no apêndice IV).

Não foi verificado, para a maioria dos voluntários estudados, um padrão de mudança de comportamento de qualquer dos componentes espectrais, nas potências correspondentes ao LA, detectado pela VFC (metodologia ARIMA).

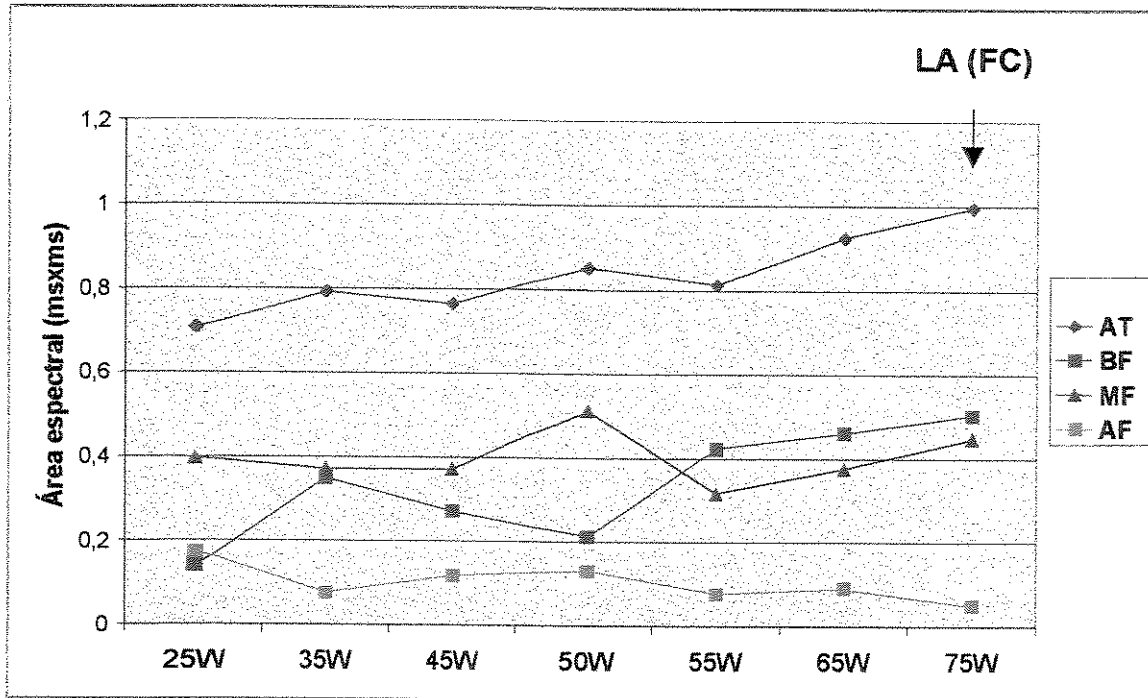


FIGURA 42: Valores absolutos das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF), obtidas dos intervalos RR (IRR) de um voluntário do grupo jovem (HBF), durante o TEFDD (protocolo I). A potência de esforço físico em que ocorreu o limiar de anaerobiose (LA), a partir da análise da VFC (método ARIMA), está assinalada no gráfico.

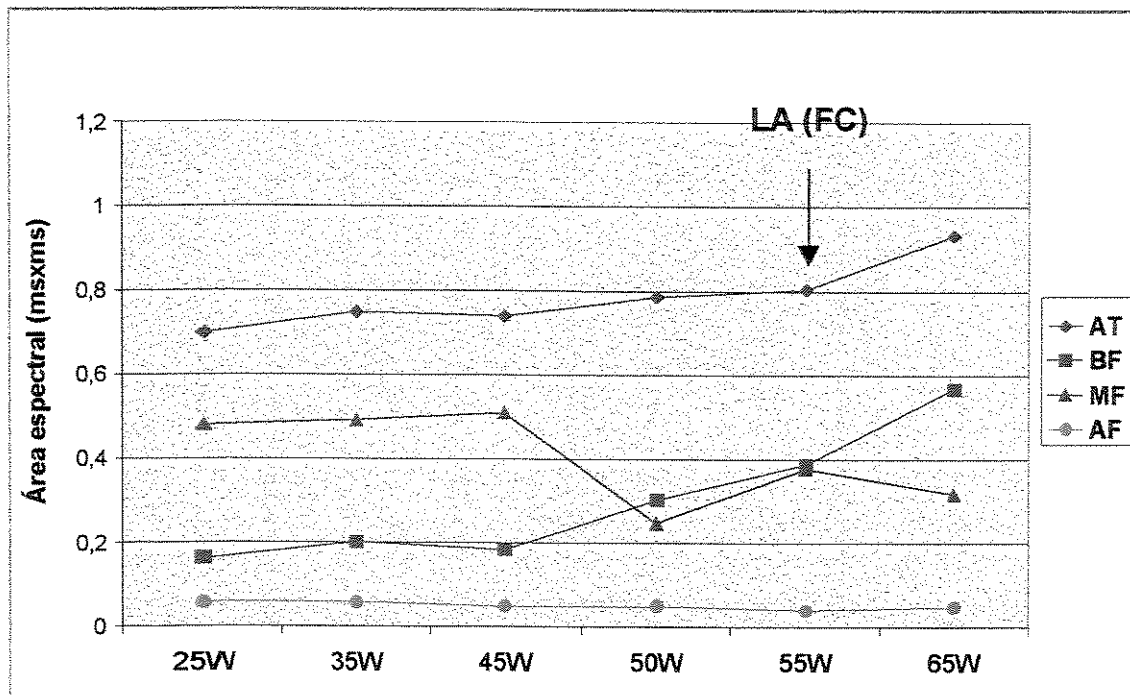


FIGURA 43: Valores absolutos das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF), obtidas dos intervalos RR (IRR) de um voluntário do grupo de meia-idade (ADS), durante o TEFDD (protocolo I). A potência de esforço físico em que ocorreu o limiar de anaerobiose (LA), a partir da análise da VFC (método ARIMA), está assinalada no gráfico.

3.4.2.1.1. Área espectral total (AT)

Na figura 44 observam-se os valores absolutos da área espectral total (AT), durante a execução do exercício físico. Os respectivos valores aumentam com o incremento da potência aplicada para ambos os grupos

estudados e não se observam diferenças estatísticas entre os grupos estudados. Por outro lado, observam-se diferenças estatisticamente significantes entre as potências de 25 W e de 65 W e 75 W para ambos os grupos estudados ($P < 0,05$). Quanto à variabilidade dos dados (distância entre o 1° e o 3° quartil), observa-se que esta é maior nas potências de 25 W e 35 W para o grupo jovem; ao passo que para o grupo de meia-idade é maior nas potências de 65 W e 75 W.

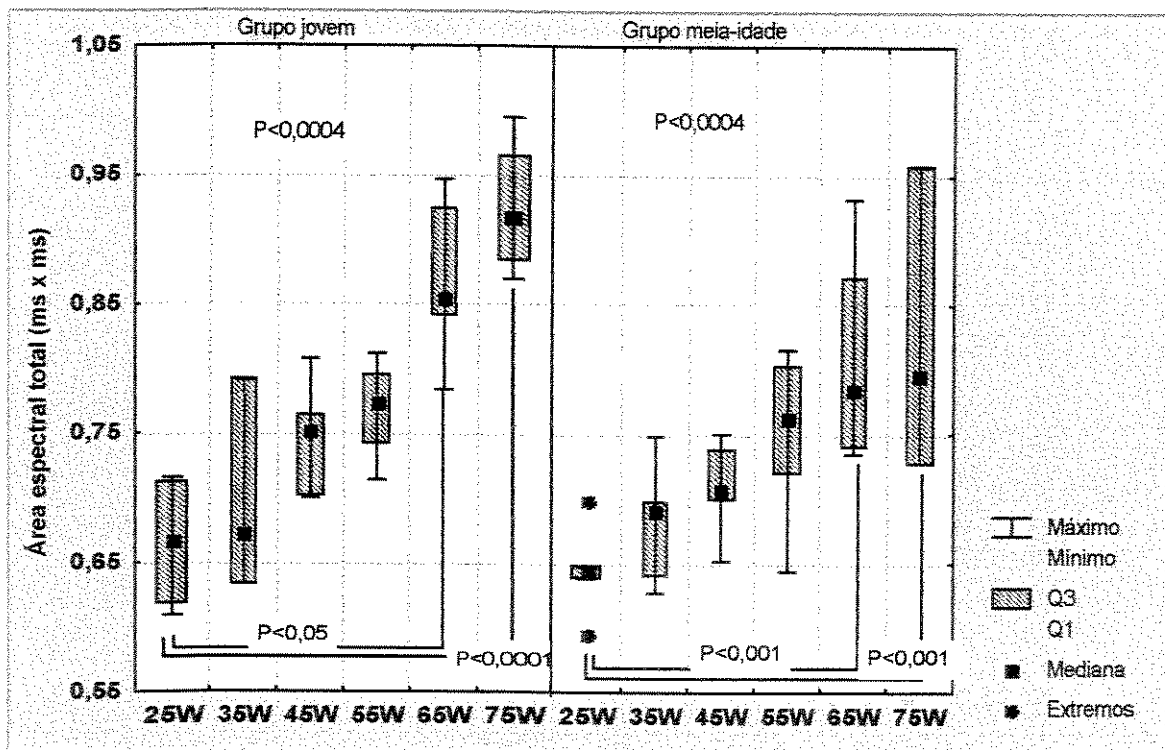


FIGURA 44: Valores das áreas espectrais totais em ms x ms, obtidos dos IRR dos voluntários dos grupos jovem (N=5) e de meia-idade (N=5), durante as potências de esforço físico estudadas no protocolo I. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4.2.1.2. Área espectral de baixa frequência (BF)

Na figura 45 observam-se os valores absolutos da área espectral de baixa frequência (BF). Verifica-se, que, em cada um dos grupos estudados, não existem diferenças estatisticamente significantes nas potências de esforço físico analisadas. Observa-se, ainda, que não ocorrem diferenças estatisticamente significantes entre os grupos estudados. Quanto à variabilidade dos dados (distância entre o 1º e o 3º quartil), esta foi homogênea no grupo jovem e maior na potência de 25 W, 65 W e 75 W para o grupo de meia-idade. Nas potências de 25 W e 65 W (grupo jovem) e 25 W (grupo meia-idade) a mediana apresenta-se mais próxima do 1º quartil.

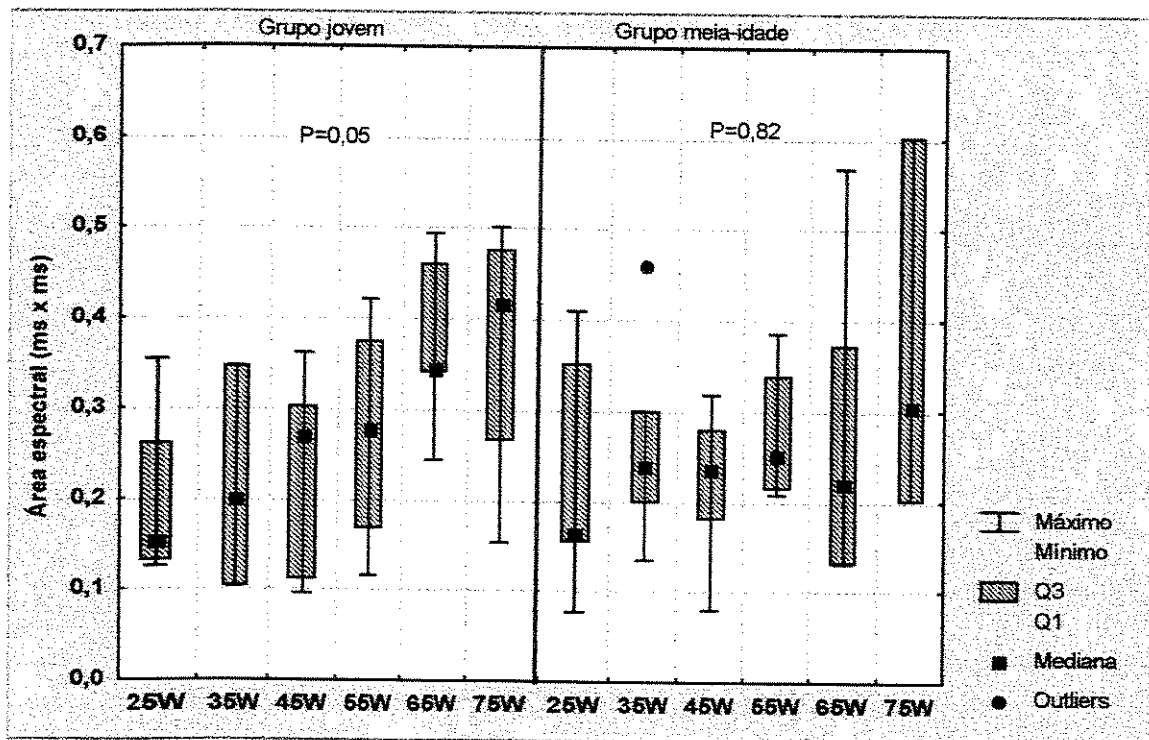


FIGURA 45: Valores das áreas espectrais de baixa freqüência (BF) em ms x ms, obtidos dos IRR dos voluntários dos grupos jovem (N= 5) e do grupo de meia-idade (N= 5), durante as potências do protocolo I. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4.2.1.3. Área espectral de média freqüência (MF)

Verifica-se na figura 46 que os valores absolutos da área espectral de média freqüência (MF) dos dados em ms X ms dos IRR não apresentam diferenças estatisticamente significantes ($P > 0,05$) nas potências de esforço físico realizadas em comum pelos voluntários dos dois grupos estudados. Quanto à variabilidade dos dados (distância entre o 1º e o 3º quartil), esta foi

maior na potência de 45 W para o grupo jovem e para o grupo de meia-idade foi maior nas potências de 25 W, 35 W, 55 W e 65 W. Nas potências de 45 W e 75 W (grupo jovem) e 25 W, 65 W e 75 W (grupo meia-idade) a mediana apresenta-se mais próximo do 3º quartil e nas potências de 45 W e 75 W (grupo jovem) e 65 W (grupo meia-idade) mais próxima do 1º quartil.

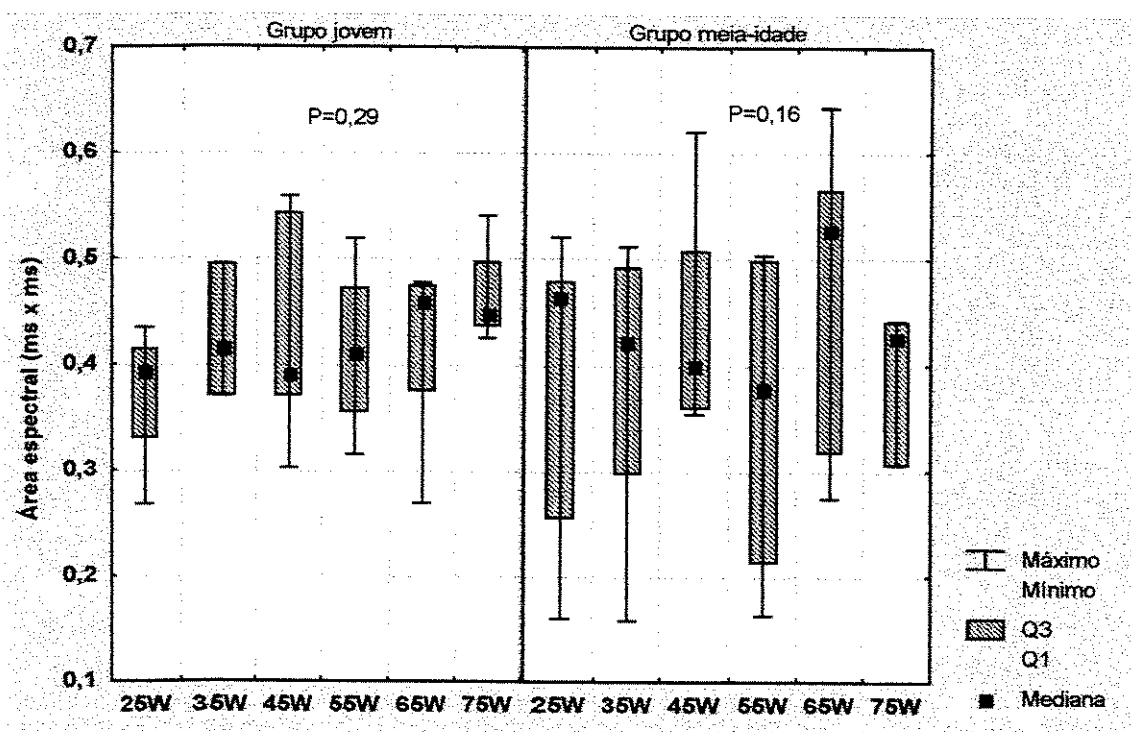


FIGURA 46: Valores das áreas espectrais de média frequência (MF) em ms x ms, obtidos dos IRR dos voluntários dos grupos jovem (N= 5) e de meia-idade (N= 5), durante as potências aplicadas, no protocolo I. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4.2.1.4. Área espectral de alta frequência (AF)

Na figura 47 observam-se os valores absolutos da área espectral de alta frequência (AF). Não se observam diferenças estatisticamente significante das áreas de AF nas potências de esforço físico e grupos estudados. Quanto à variabilidade dos dados (distância entre o 1º e o 3º quartil), esta foi maior na potência de 25 W e 75 W para o grupo jovem e para o grupo de meia-idade foi maior na potência de 55 W. Na potência de 45 W (grupo meia-idade) a mediana apresenta-se mais próxima do 3º quartil e na potência de 65 W (grupo jovem) e de 25 W, 35 W, 65 W e 75 W ficou (grupo meia-idade) mais próxima do 1º quartil.

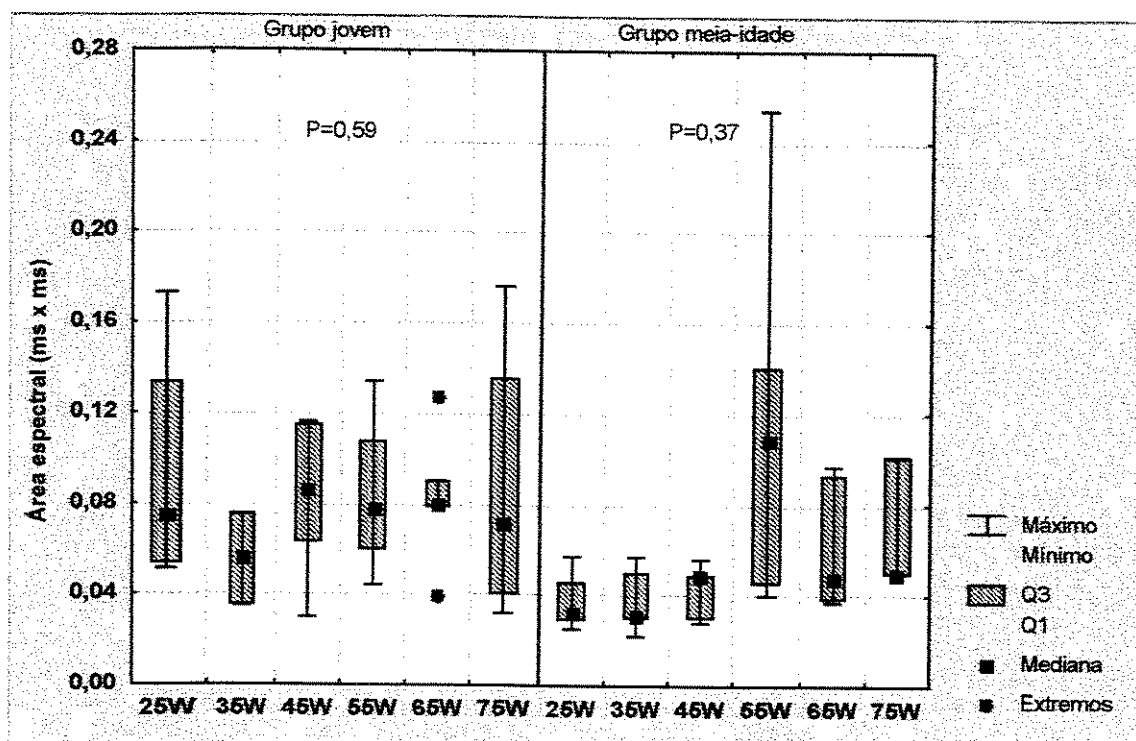


FIGURA 47: Valores das áreas espectrais de alta frequência (AF) em ms x ms, obtidos dos IRR dos voluntários dos grupos jovem (N = 5) e de meia-idade (N = 5), durante as potências aplicadas no protocolo I. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4.2.2. Valores relativos das áreas espectrais

3.4.2.2.1. Valores relativos das áreas espectrais de baixa frequência (BF%)

Na figura 48 observam-se os valores relativos das áreas espectrais de baixa frequência. Constata-se que não ocorrem diferenças estatisticamente significante nos valores relativos das áreas espectrais de baixa frequência (BF%) nas potências de esforço físico realizadas em comum pelos voluntários, tanto intra como entre os grupos estudados, com exceção na potência de 35 W onde se observou diferença significativa entre os grupos ($P < 0,05$). Quanto à variabilidade dos dados (distância entre o 1º e o 3º quartil), esta foi similar para o grupo jovem e para o grupo de meia-idade foi maior nas potências de 25 W, 65 W e 75 W. Os valores das medianas nas potências de 25 W e 65 W (grupo jovem) e nas potências de 25 W apresentam-se mais próximas do 1º quartil. E nas potências de 45 W (grupo jovem) e 45 W (grupo de meia-idade) as medianas apresentam-se mais próximas do 3º quartil.

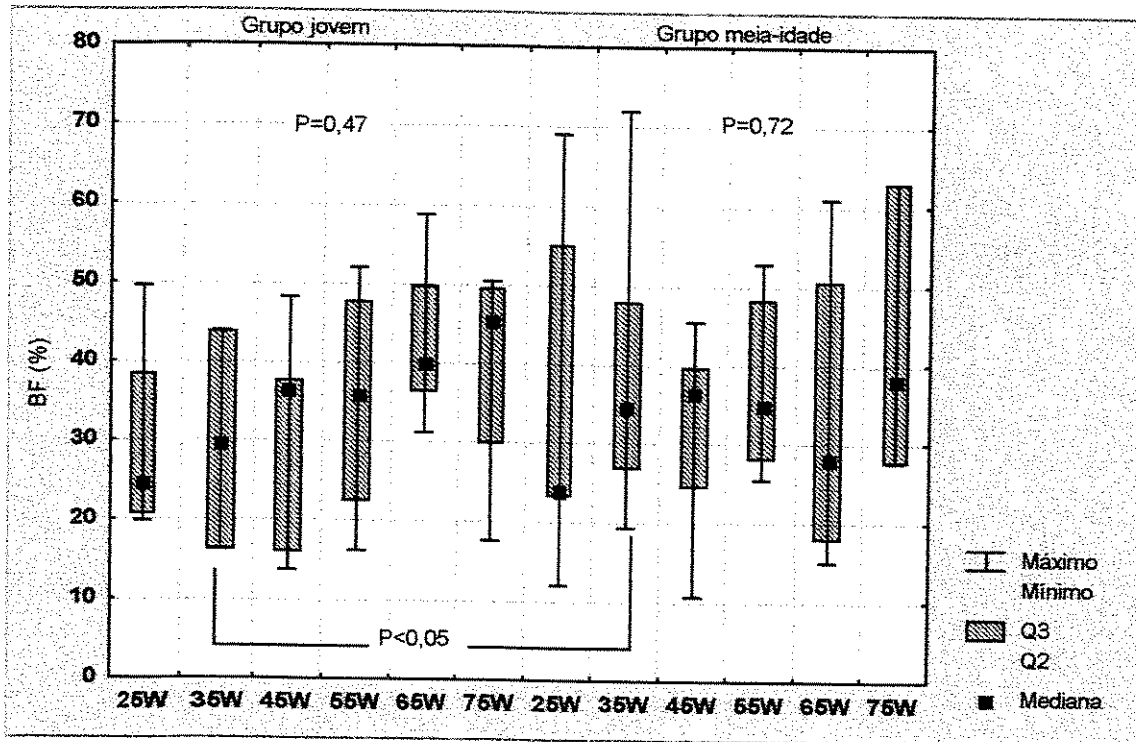


FIGURA 48: Valores relativos das áreas espectrais de baixa frequência (BF%) obtidos dos IRR dos voluntários dos grupos jovem ($N = 5$) e de meia-idade ($N = 5$), durante as potências aplicadas no protocolo I. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4.2.2.2. Valores relativos das áreas espectrais de média frequência (MF%)

Na análise dos valores relativos das áreas espectrais de média frequência (MF%) obtidos dos IRR (figura 49), observa-se que não existem diferenças estatisticamente significante, nas diferentes potências, intra e entre os grupos estudados. Quanto à variabilidade dos dados (distância entre o 1° e

o 3º quartil), esta foi maior nas potências de 35 W e 45 W (grupo jovem) e nas potências de 25 W, 55 W, 65 W e 75 W (grupo de meia-idade). As medianas apresentam-se mais próximas do 1º quartil nas potências de 45 W e 75 W (grupo jovem) e 45 W (grupo meia-idade).

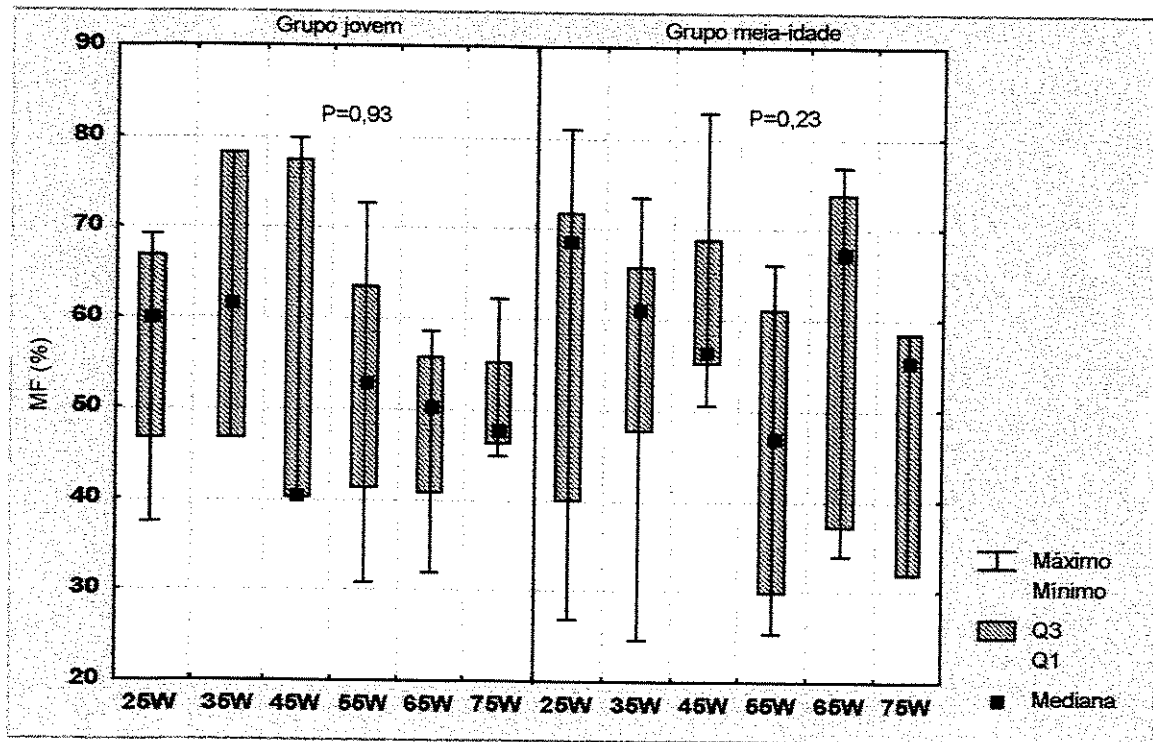


FIGURA 49: Valores relativos das áreas espectrais de baixa frequência (MF%) obtidos dos IRR dos voluntários dos grupos jovem (N = 5) e de meia-idade (N = 5), durante as potências aplicadas no protocolo I. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.4.2.2.3. Valores relativos das áreas espectrais de alta frequência (AF%)

Verifica-se na figura 50 que os valores relativos das áreas espectrais de alta frequência (AF%) obtidos dos IRR não apresentam diferenças estatisticamente significante destes valores em cada um dos grupos estudados, nas diferentes potências aplicadas. Por outro lado, observa-se diferenças com significância estatística nas potências de 25 W e 45 W entre os grupos estudados ($P < 0,05$). Quanto à variabilidade dos dados (distância entre o 1º e o 3º quartil), esta foi menor na potência de 65 W (grupo jovem) e maior nas potências de 55 W e 75 W (grupo de meia-idade). As medianas apresentam-se mais próximas do 1º-quartil nas potências de 25 W, 35 W, 65 W e 75 W (grupo meia-idade) e mais próxima do 3º quartil nas potências de 35 W (grupo jovem) e 45 W (grupo meia-idade).

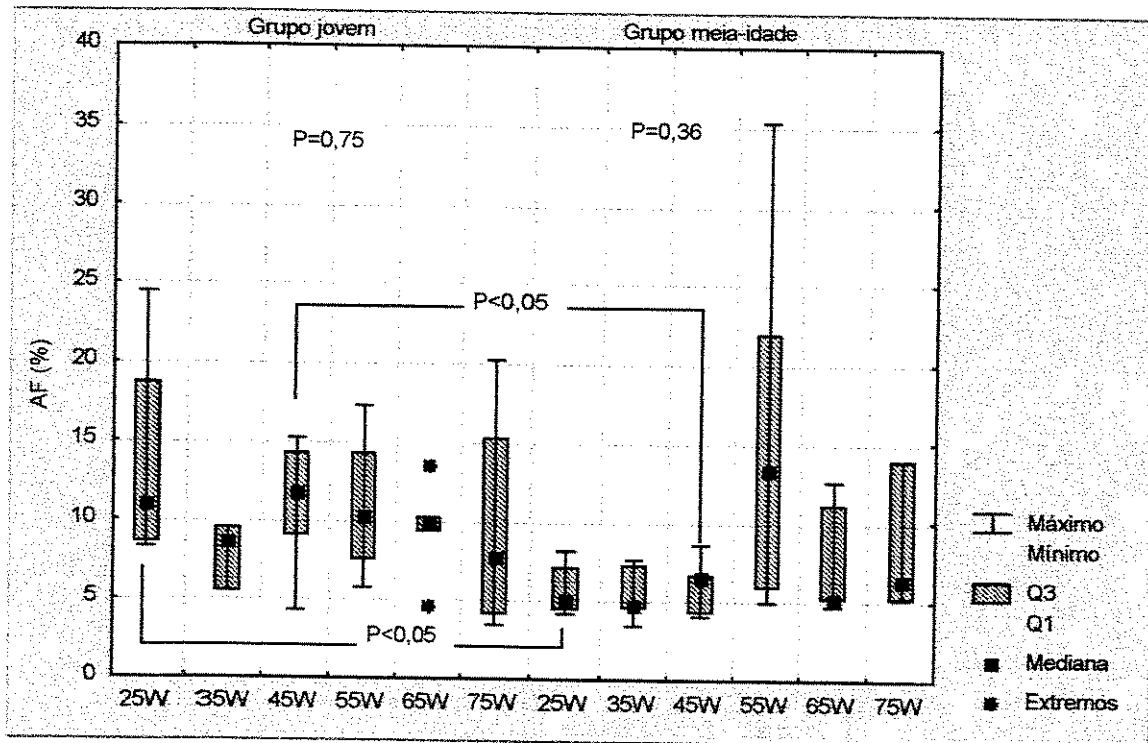


FIGURA 50: Valores relativos das áreas espectrais de alta freqüência (AF%) obtidos dos IRR dos voluntários dos grupos jovem (N = 5) e de meia-idade (N = 5), durante as potências aplicadas no protocolo I. Nível de significância $\alpha = 0,05$.

4. DISCUSSÃO

4.1. Estudo do Comportamento da Frequência Cardíaca em Repouso

O músculo cardíaco é privilegiado, por possuir a capacidade de manter seu próprio ritmo. Sabe-se, que o coração, de um indivíduo saudável na condição de repouso, bate ininterruptamente entre 70 e 80 vezes por minuto. Porém, estes valores podem variar de acordo com várias condições, por exemplo: em um atleta pode-se observar FC de até 30 bpm (McARDLE, KATCH & KATCH, 1994). Por outro lado, sabe-se que a FC se modifica, na dependência das condições fisiológicas existentes, ou seja, repouso, exercício físico, posição de decúbito, estado de vigília, sono, etc. (TAYLOR, HAYANO & SEALS, 1995; WASSERMAN et al., 1999).

Um dos fatores que largamente influencia a FC em repouso é a faixa etária do voluntário estudado. Estudos anteriores têm sugerido que a modulação da FC é influenciada por vários fatores fisiológicos bem como a idade e o condicionamento físico do voluntário (SHANNON, CARLEY & BENSON, 1987; RICKLI et al., 1997; TULPPO et al., 1998). Outros fatores decorrentes do envelhecimento, que largamente influenciam na VFC são as alterações na modulação do SNA e cardiovascular sobre o coração, tais como: mudanças estruturais e funcionais, como a sensibilidade dos tecidos, o sistema de condução cardíaca, os vasos sangüíneos e barorreceptores, aumento da rigidez miocárdica e diminuição do enchimento ventricular, que vão refletir na hemodinâmica do sistema cardiovascular (WALSH, 1987;

BLAIR et al., 1988). Em particular, vários trabalhos em animais velhos, demonstraram uma diminuição na síntese de acetilcolina e no número de receptores colinérgicos e sua afinidade com o agonista, como um forte indicador da diminuição da atividade parassimpática sobre o coração (BAKER et al., 1985, NARAYANAN & DERBY, 1983). No miocárdio humano, há fortes evidências de que ocorra uma diminuição na densidade do plexo colinérgico a partir da 4^ª década de vida, e na 6^ª década verifica-se uma degeneração irreversível deste sistema no coração (SHVAKEV & SOSUNOV, 1989).

No presente estudo, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes nos valores absolutos de FC e índices de VFC (RMSM e RMSSD) entre os grupos estudados, sugerindo que nas faixas etárias estudadas não foram observadas alterações nos dados de FC pertinentes ao envelhecimento.

As variações da FC ou o inverso desta, ou seja, os IRR durante o repouso representam uma adaptação que envolve complexos mecanismos de controle da FC atuantes sobre o nódulo sinoatrial. As atividades eferentes vagal e simpática dirigidas para o nódulo sinoatrial são caracterizadas por descargas sincrônicas, a cada ciclo cardíaco, que podem ser moduladas por mecanismos centrais e periféricos. Tais fatores geram flutuações rítmicas nas descargas neurais eferentes que se manifestam no ciclo cardíaco a curto e longo prazos (APPEL et al., 1989).

A modulação autonômica da FC é em parte responsável pela variabilidade da mesma, sendo que em voluntários normais a estimulação dos nervos parassimpáticos (vago) está mais associada à diminuição (“freio”) dos valores de FC e os efeitos da estimulação dos nervos simpáticos está relacionado com o aumento destes (ANTILA, 1979; MACIEL et al., 1986; HAYANO et al., 1991; MALLIANI et al. 1991; MALIK & CAMM, 1994). Em um indivíduo na condição de repouso, tanto o simpático como o parassimpático estão tonicamente ativos, com um efeito predominante vagal. Portanto, no presente estudo evidenciou-se, em repouso, menores valores absolutos de FC na posição supina, comparativamente à posição sentada, para ambos os grupos estudados. Por outro lado, utilizando-se os índices temporais de VFC (RMSM e RMSSD), não observamos diferenças estatisticamente significantes entre as posturas estudadas na condição de repouso, indicando que a VFC, ou seja a modulação vago-simpática, não se alterou nestas condições. Portanto, os maiores valores absolutos da FC, por nós encontrados na postura sentada, mostram que em determinadas condições fisiológicas, como a mudança postural ativa, pode ocorrer variações no tônus vago-simpático, sem que sejam desencadeadas variações significantes da VFC. É preciso lembrar que a mudança postural envolve importantes modificações, das variáveis cardiovasculares causadas por desvios hidrostáticos e repostas reflexas adaptativas, a saber: a) deslocamento de sangue das extremidades superiores para as extremidades inferiores; b) diminuição do débito cardíaco e da pressão arterial sistêmica; c) ativação dos mecanorreceptores arteriais e

cárdio-pulmonares; d) integração de informações periféricas e centrais (centros cardiorreguladores); e, por último, d) ativação das vias eferentes simpáticas e inativação da eferência parassimpática para o sistema cardiovascular (LINDQVIST, 1990; McARDLE, KATCH & KATCH, 1994; JESUS, 1996).

4.2. Resposta de Frequência Cardíaca Durante a Manobra de Valsalva

Nossos resultados dos índices de Valsalva calculados com os dados absolutos de FC e intervalos RR foram considerados normais em concordância com os encontrados na literatura. Valores normais para o índice de Valsalva foram determinados por alguns autores, somente em pequenos grupos de voluntários (CASTRO, 1992), porém, GELBER et al. (1997) realizaram manobra de Valsalva em 425 voluntários, com o objetivo de determinar o intervalo de normalidade do índice de Valsalva. Estes autores encontraram valores para o índice de Valsalva na faixa de 1,31 a 2,97, dependendo da faixa etária, uma vez que o índice de Valsalva decrescia com o aumento da idade dos voluntários.

No presente trabalho, os valores dos incrementos (deltas) calculados com os dados absolutos de FC durante a MV, foram considerados dentro da faixa de normalidade e de acordo com achados existentes na literatura (FUENMAYOR et al., 1992; MATINELLI, 1996). FUENMAYOR et al. (1992)

em estudos onde utilizou valores do índice de Valsalva e incrementos de FC, para a análise das respostas, em voluntários treinados e sedentários, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os dois métodos de análise estudados.

O'BREIN et al. (1986) compararam o índice com o incremento (delta) de Valsalva e também com o desvio-padrão dos valores de FC durante a realização da manobra de Valsalva, e concluíram que o índice de Valsalva apresentava um menor coeficiente de variação, o que o qualificava como superior ao delta da FC.

Em nosso estudo, verificou-se que os valores, expressos como índice de Valsalva calculados pela FC e IRR, comparativamente ao delta (incremento), expressa melhor as diferenças entre os grupos estudados. A resposta da FC (ou IRR) à MV, expressa em índice de Valsalva, foi estatisticamente menor no grupo de meia idade comparativamente ao grupo jovem. Estes achados são, pois, compatíveis com estudos existentes na literatura que demonstram que, com o avançar da idade ocorre diminuição do tônus parassimpático sobre o nódulo sinoatrial (O'BRIEN et al., 1986; FUENMAYOR et al., 1992; GELBER et al., 1997).

4.3. Resposta da Frequência Cardíaca nos Domínios do Tempo e Frequência Durante o Exercício Físico Dinâmico

4.3.1. Estudo dos índices de variabilidade da frequência cardíaca

Durante uma atividade física observa-se um marcado aumento na pressão arterial, no débito cardíaco, bem como na FC com a finalidade de suprir uma elevada demanda metabólica, que se instala nessas condições (McARDLE, KATCH & KATCH, 1994; MAUD & FOSTER, 1995). Estas modificações das variáveis cardiovasculares ocorrem graças a processos adaptativos no controle autonômico, que se manifestam através de mudanças do tônus vago-simpático do sistema cardiovascular (MACIEL et al., 1986, SILVA, 1988; CATAI, 1992; ROWELL & O'LEARY, 1990; BALDISSERA, 1992, CHACON-MIKAHIL et al., 1998). Estudos, usando bloqueio farmacológico (GALLO Jr. et al, 1985) ou registros eletroneurográficos do eferente muscular simpático (SAITO et al., 1993), demonstram que a rápida elevação da FC no início do exercício físico é devido a retirada do tônus vagal. Ativação simpática ocorre posteriormente, em níveis mais elevados de exercício físico, ou seja, acima do LA, quando a FC atinge valores por volta de 100 bpm (ROWELL & O'LEARY, 1990), ou quando a força muscular desenvolvida é suficientemente intensa para deflagrar uma atividade reflexa a partir da estimulação de ergorreceptores e quimiorreceptores fibras aferentes intramusculares (grupo III e IV) (SAITO et al., 1993).

No presente estudo, através da análise dos índices de VFC (RMSM e RMSSD), observamos que, com o incremento de potência, ocorreu uma diminuição da VFC, que pode ser explicada por uma menor participação do sistema nervoso parassimpático no controle da FC. Quando comparamos os grupos estudados, observamos que os valores destes índices são aparentemente menores para o grupo de meia-idade, porém, os nossos dados não mostraram diferenças estatisticamente significantes, sugerindo que as modificações da modulação parassimpática sejam semelhantes para ambos os grupos estudados.

HAYANO et al. (1991) estudaram voluntários saudáveis, e utilizando bloqueio farmacológico com atropina, documentaram uma redução estatisticamente significativa em algumas variáveis temporais: como o desvio padrão da média, o coeficiente de variabilidade, bem como o RMSSD dos IRR. Por outro lado, o bloqueio com propanolol não alterou tais índices, demonstrando uma forte correlação entre os índices temporais e o tônus vagal atuante sobre o coração. Outro estudo, realizado por VYBRIAL et al., (1990) em voluntários saudáveis, nos quais aplicou-se escopolamina transdérmica (baixas doses), ocorreu importante aumento nos índices temporais (RMSM e RMSSD), provavelmente por um aumento do tônus vagal a nível do sistema nervoso central, demonstrando mais uma vez que existe uma forte correlação entre estes índices e a magnitude do tônus vagal (parassimpática).

4.3.2. Estudo dos índices espectrais

A análise do espectro de potência da VFC tem sido extensamente usada para mensurar a função autonômica na prática clínica e em estudos científicos (SAUL, 1990; JESUS, 1996). Assim, a banda de muito baixa frequência, que apresenta como limites inferiores de 0 – 0,0033 Hz e superiores de 0,03-0,04 Hz, está ainda pouco esclarecida. Ela é melhor quantificada em registros eletrocardiográficos mais prolongados (24 horas), e segundo alguns autores é dependente da modulação eferente tanto simpática como parassimpática (AKSELROD et al., 1985; IKUTA et al., 1995). As vias aferentes e os mecanismos centrais são influenciados pela regulação da temperatura corporal, do tônus vasomotor periférico e até mesmo do sistema renina angiotensina (AKSELROD et al., 1985; APPEL et al., 1989). As bandas de baixa frequência, apresentam limites inferiores de 0,03-0,06 Hz e superiores de 0,10- 0,15 Hz; elas expressam a intensidade da modulação simpática sobre o coração (AKSELROD et al., 1985; CASTRO et al., 1992). Bandas de alta frequência, apresentam limites inferiores variando entre 0,10– 0,20 Hz e os superiores entre 0,35-0,50 Hz; elas são devidas à modulação vagal atuante sobre o nódulo sinoatrial (AKSELROD et al., 1985; LOMBARDI et al., 1990; MALLIANI et al., 1991; JESUS, 1996). Entretanto, existem controvérsias a respeito desta matéria. Assim, GRASSO et al., (1996), utilizando bloqueio farmacológico, sugerem que as oscilações de BF refletem predominantemente a modulação vagal, sobreposta à simpática.

No presente trabalho, verifica-se que com os incrementos de potências, nas condições de esforço físico, não foram observadas diferenças nas várias áreas espectrais estipuladas pelo aplicativo (programa computacional). Estudos preliminares existentes na literatura têm documentado que níveis progressivamente intensos de esforço provocam aumento do componente espectral de BF e diminuição do componente espectral de AF (PAGANI et al., 1988). Entretanto, os autores têm enfatizado que a referida metodologia ainda não foi suficientemente validada nas condições de exercício físico dinâmico, sobretudo, porque é justamente nesta que se documenta menor estacionaridade do sinal eletrocardiográfico e aumento da participação de subsistemas não lineares: condições e premissas que são restritivas ao uso do espectro de potência como ferramenta de análise matemática (MALLIANI et al., 1991; ARAI et al., 1989; PERINI et al., 1990; SKYSCHALLY et al., 1996).

4.3.3. A aplicação de modelos matemáticos na resposta da frequência cardíaca em exercício para a identificação do limiar de anaerobiose

O LA é denominado por alguns autores como sendo o momento durante o exercício físico dinâmico, no qual ocorre predomínio da participação dos sistemas anaeróbios, com acúmulo de ácido láctico, e conseqüente acidose metabólica (BALDISSERA, 1992; CHACON-MIKAHIL et al., 1998; WASSERMAN et al., 1999).

Existem várias formas de quantificar a potência e/ou consumo de oxigênio em que ocorre o LA. Entre elas, devem ser lembradas, a medida do lactato sangüíneo (KATZ & SAHLIN, 1988), mudanças do padrão das variáveis ventilatórias (WASSERMAN et al., 1999) e ou cardiovasculares, como é o caso da resposta da FC durante o exercício físico. CONCONI et al., (1982) propõem que durante o teste de esforço físico dinâmico do tipo rampa existe um momento no qual a FC perde a linearidade, nestas circunstâncias, a diminuição dos incrementos da FC poderia estar associada com o LA. GAISL & WIESSPEINER (1988) adaptaram esta metodologia para verificar o LA de crianças e voluntários sedentários. Por outro lado, outros autores têm sugerido que esta mudança da resposta da FC é melhor relacionada com o segundo limiar ventilatório do que com o limiar propriamente dito, que também é chamado por alguns autores de limiar aeróbio (RIBEIRO, 1985). E alguns autores (KUIPERS et al., 1988) ainda não conseguiram reproduzir os achados de CONCONI et al, 1982. Portanto, este assunto ainda é muito controverso.

Entretanto, tem sido proposto por outros autores, o ajuste de modelos matemáticos pelo método ARIMA aos dados da VFC para estimar o LA, sendo, portanto, um método não invasivo e de baixo custo operacional (RIBEIRO et al., 1998; MARÃES et al., 1999).

4.3.3.1. Regressão linear (método dos mínimos quadrados) na detecção do limiar de anaerobiose

A análise da regressão foi primeiramente desenvolvida por Sir Francis Galton no final do século XIX, onde descreveu matematicamente a tendência à regressão. O termo regressão descreve a relação entre variáveis independentes (NETER, WASSERMAN & KUTNER, 1989).

Em nossos dados, relativos à FC, durante os testes de esforço físico dinâmico descontínuo, ocorreu uma nítida dificuldade de se ajustar uma reta representativa da resposta desta variável, utilizando-se a referida metodologia, uma vez que os dados de FC são mutuamente dependentes e ainda, o ajuste da reta apresentava baixos valores dos coeficientes de correlação e angular da reta (β) (muitas vezes oscilando entre valores negativos e positivos). Outrossim, a análise dos resíduos, útil para verificar se a regressão linear é apropriada para o conjunto de dados, não mostra distribuição normal, o que indica inadequação do modelo proposto ao conjunto de dados coletados (veja Tabelas 1 e 2 nos resultados). Portanto, consideramos que a busca de um outro modelo matemático seria necessário para fazer previsões mais precisas, no sentido de que fosse capaz de detectar mudanças do padrão de resposta da FC representativos do LA.

4.3.3.2. Modelos autorregressivos-integrados-médias móveis (arima) na detecção do limiar de anaerobiose

Diante do exposto acima, optamos pelo uso do modelo autorregressivo integrado de médias móveis proposto por Box-Jenkins (1970).

Neste contexto, o conjunto de dados da FC em exercício pode ser visto como uma série temporal, que consiste, fundamentalmente de um conjunto de observações de uma variável y , tomada em intervalos de tempo igualmente espaçados.

Existem dois aspectos a serem considerados no estudo de séries temporais: análise e modelagem. O objetivo da análise é resumir as propriedades da série e caracterizar a sua forma. Isto pode ser feito tanto no domínio do tempo como no domínio da frequência. No domínio do tempo focalizamos a relação entre observações em diferentes pontos do tempo; Por outro lado, no domínio da frequência estudamos os movimentos cíclicos. As duas formas de análise são complementares e competitivas, ou seja, a mesma informação é processada de diferentes maneiras. O objetivo da modelagem é poder fazer previsões, a respeito do comportamento da variável estudada.

Uma série temporal pode ser considerada como um processo estocástico; para que ela seja analisada, é necessário decompô-la em uma

parte fixa (estrutura) e uma parte aleatória (erro) (MORETTIN & TOLOI, 1985; MORETTIN & TOLOI 1986). Para saber se a estrutura está contendo toda, ou a maior parte da variabilidade da série observando as características do resíduo. O resíduo é usado para se estimar o erro, uma vez que é impossível obtermos o erro real, que é um componente teórico. Nestas circunstâncias, é necessário que o resíduo tenha média zero, variância constante, e que não seja auto-correlacionado. Satisfeitas estas condições, o resíduo será denominado de ruído branco (ANDERSON, 1976; JENKIS, 1979).

A estrutura da série só poderá ser feita se esta for estacionária, i.e., a série deverá flutuar ao redor de um nível fixo μ ; quando isto não acontece, pode-se tornar a série estacionária através de diferenças. A parte estrutural da série será construída relacionando-se as observações passadas, modelo autorregressivo, e quando há necessidade de muitos parâmetros, também usam-se modelos médias móveis, que contêm os valores dos erros passados. Esse novo modelo é denominado ARMA (autorregressivo-médias móveis), e no caso de série não estacionária, onde é necessário fazer diferenças, o modelo é denominado ARIMA (autorregressivo-integrado-médias móveis) (MORETTI & TOLOI, 1985; TAGARIS et al., 1997).

Foi, portanto, usando-se a metodologia de Box Jenkins, com o ajuste dos modelos autorregressivos-integrados-médias móveis (ARIMA) que se determinou o momento em que o conjunto de dados de FC apresentava

tendência (inclinação), caracterizando um incremento lento da FC; incremento este, que segundo estudos conduzidos em condições de bloqueio beta-adrenérgico, é causado por estimulação do sistema nervoso simpático (MACIEL et al., 1986; GALLO Jr. et al., 1987; GALLO Jr. et al., 1995).

No que se refere ao presente estudo, os nossos achados são semelhantes aos obtidos em nosso Laboratório em São Carlos, em estudos preliminares, usando a mesma metodologia (ARIMA). Assim, MARÃES et al. (1996) em 10 voluntários saudáveis de meia-idade, usando protocolo de esforço físico dinâmico descontínuo, com duração de 4 minutos em cada potência, com o mesmo tipo de cicloergômetro (bicicleta de frenagem eletromagnética), encontraram inclinação da resposta da FC na potência de 61 Watts (mediana), enquanto RIBEIRO et al. (1998) PETTO et al. (1999) em voluntárias jovens saudáveis, referem que os valores de potência ao nível do LA foram de 49 e 50 Watts, respectivamente.

Outro fato relevante a ser mencionado no presente estudo é que quando se compara o LA obtido pelo método ARIMA e pelo ventilatório, obtido segundo a metodologia de WASSERMAN et al. (1999), os valores em dois casos escolhidos aleatoriamente foram bem próximos. Porém, deve ser enfatizado, que um número maior de voluntários devem ser estudados para se validar com mais segurança a equivalência do LA, utilizando-se os dois métodos referidos. Outro aspecto importante a ser considerado é o de que a potência correspondente ao LA, determinado pelo padrão da resposta da FC em exercício físico, correspondeu, nos grupos jovem e de meia-idade, aos

valores em que o RMSM e RMSSD também já tinham atingido os menores valores – contrariamente ao que ocorreu nas potências inferiores ao LA, onde os referidos índices de VFC eram maiores e inversamente proporcionais aos valores de potência. Em contraposição a estes achados, no domínio da frequência, em apenas três casos houve mudança da magnitude dos componentes de BF e/ou AF, coincidentemente com a potência correspondente ao LA.

4.3.4. Percentual de frequência cardíaca e de potência de esforço físico em relação aos valores pico: úteis para prescrever exercício físico

O limiar de anaerobiose (LA) pode ser considerado como um parâmetro fisiológico útil na prescrição de exercício físico, tanto para voluntários saudáveis como cardiopatas.

Alguns autores preconizam que a capacidade aeróbia melhora se a intensidade de esforço físico for suficiente para elevar os valores de FC até aproximadamente 70% do máximo, o que equivale a uma FC de 130 a 140 bpm para homens e mulheres considerados jovens, entre 20 e 30 anos de idade, com um exercício dinâmico de pernas tipo pedalar ou correr. Sendo desnecessário exercitar-se acima deste nível de FC para aprimorar a capacidade física. Por outro lado, a potência de esforço físico em que ocorre o LA normalmente fica em torno de 55 a 65% da capacidade física máxima

de voluntários sadios destreinados (McARDLE, KATCH & KATCH, 1994; WILMORE & COSTILL, 1994).

No presente estudo, o percentual de FC no nível do LA variou de 55 a 63% da FC pico, com valores absolutos de FC entre 96 e 116 bpm para ambos os grupos estudados. Tais valores não atingiram diferenças estatisticamente significantes entre os grupos estudados. Por outro lado, o percentual de potência no LA foi de aproximadamente 43% e 35% em relação a potência pico, para o grupo jovem e de meia idade, respectivamente. Tais dados sugerem a faixa de frequência cardíaca e nível de potência de esforço físico ideal para se prescrever um treinamento físico seguro e confiáveis para tais voluntários.

5. CONCLUSÕES

A partir da análise do conjunto de resultados obtidos no presente estudo, dentro da condição experimental empregada, pode-se chegar às seguintes conclusões:

A- Condições de repouso.

- 1- Nestas condições, o grupo de meia-idade apresenta menores valores absolutos de frequência cardíaca comparativamente ao grupo jovem, porém, estes valores não atingem significância estatística. Por outro lado, comparando-se as diferentes posturas estudadas (supina e sentada) verifica-se que na postura sentada os voluntários estudados apresentam maiores valores de FC comparativamente à supina, com significância estatística, sugerindo uma alteração no balanço vago-simpático nesta postura.
- 2- Os menores índices de Valsalva para o grupo de meia-idade, quando expressos em intervalos RR e frequência cardíaca, sugerem diminuição do tônus vagal atuante sobre o nódulo sinoatrial.

B- Exercício Físico Dinâmico.

- 1- Coeficientes angulares de regressão linear e correlação, aplicando-se o método do mínimo quadrado, não permitiram determinar com confiabilidade as potências nas quais ocorre perda do estado de equilíbrio (platô) da resposta da frequência cardíaca em exercício - condições em que os

voluntários estariam imediatamente acima do limiar de anaerobiose. Portanto, nossos resultados sugerem que o ajuste linear é inadequado para fazer previsões a respeito da série de dados de FC, caracterizando o LA.

- 2- O método autorregressivos-integrados-médias móveis (ARIMA) aplicado ao conjunto de dados durante o exercício mostrou-se adequado para detectar a mudança de inclinação da resposta da frequência cardíaca, indicativa da ultrapassagem do limiar de anaerobiose. Em dois voluntários, os valores de potência correspondente ao LA, foram semelhantes quando obtidos pelos métodos ARIMA e ventilatório.
- 3- O grupo de meia idade apresentou menores valores de LA (ARIMA) comparativamente ao grupo jovem, com diferenças estatisticamente significantes, mostrando uma menor capacidade aeróbia destes voluntários.
- 4- Os valores do LA obtidos pelo método ARIMA, em todos os voluntários dos dois grupos estudados, ocorreram em potências onde a VFC, no domínio do tempo, expressa em RMSM e RMSSD já tinham atingido os seus mínimos valores, comparativamente as potências anteriores.
- 5- Somente em três casos o LA obtido pelo método ARIMA coincidiu com mudanças nos componentes de BF e/ou AF, obtidos a partir da análise no domínio da frequência. Portanto, a análise espectral não se mostrou muito útil para verificar mudanças na VFC em potências submáximas.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKSELROD, S.; GORDON, D.; UBEL, F. A.; SHANNON, D.C.; BARGER, A .C.; CONEN, R. J. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science* 213(10): 220-22, 1981.
- AKSELROD, S.; GORDON, D.; MADWED, J.; SNIDMAN, N.C.; SHANNON, D.C.; COHEN, R.J. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. *Am. J. of Phys.*, 249(18): H867-H875, 1985.
- ANDERSON, T.W. *Times series analysis and forecasting the Box & Jenkins approach*. London & Boston, Butterworths, 1976.
- ANTILA, K. Quantitative characterization of heart rate during exercise.; *Scandinavian Jour. of Cl. and Lab. Invest.* Supplementum, 13 - 58 , Turku,Finland, 1979.
- ARAI, Y.; SAUL, J.P.; ALBRECHT, P.; HARTLEY, L.H.; LILLY, L.S.; COHEN, R.J.; COLUCCI, W.S. Modultion of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am. Journal Physiol.*, 256:H132-H141, 1989.
- APPEL, M.L.; BERGER, R.D.; SAUL, J.R.; SMITH, J.M.; COHEN, R.J. Beat to beat variability in cardiovascular variables: nose or music? *J. Am. Coll. cardiol.* 14: 1139-1148, 1989.
- BARBONI, A.R. Análise da variabilidade dos intervalos RR e compactação de sinais de ECG e VCG. *Dissertação de mestrado*, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, 1992.
- BALDISSERA, W. Estudo da Variabilidade do Limiar de Anaerobiose e Frequência Cardíaca de Indivíduos Sedentários e Atletas Durante Exercício Físico Dinâmico em Cicloergômetro, Utilizando-se Rampas Corrigidas. *Tese de Doutorado*. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1992.

- BAKER, S.P.; MARCHAND, S.; O'NEIL, E. Age-related changes in cardiac muscarinic receptors decreased ability of the receptor to form a high affinity agonist binding state. *Journal Gerontol.* 40: 141-146, 1985.
- BEVERGARD, G.E.P.; SHEPHERD, J.T. Regulation of the circulation during exercise in man. *Physiology Rev.*, 47: 178-208, 1967.
- BLAIR, S.N.; PAINTER, P.; PATE, R.R.; SMITH, L.K.; TAYLOR, C.B. *Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Am. College of Sports Medicine. Philadelphia, Lea & Febiger, 1988.
- BROOKS, G.A., Current Concepts in Lactate Exchange. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 23: 895-906, 1991.
- BOX & JENKINS. *Time Series Analysis*, Holden-Day, 1º edição; San Francisco, USA, 1970.
- CASTRO, C.L.B.; NÓBREGA, A.C.L.; ARAÚJO, C.G.S. Testes autonômicos cardiovasculares: Uma revisão crítica. Parte II. *Arq. Brasileiros de Cardiologia*, 59(2): 151-158, 1992.
- CATAI, A.M. "Adaptações Córdio-respiratórias em Atletas: Estudo em Diferentes Fases do Treinamento Físico". *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Educação Física - UNICAMP, Campinas, 1992.
- CATAI, A.M. "Estudo da capacidade aeróbia e da variabilidade da frequência cardíaca em homens jovens e de meia-idade submetidos a treinamento físico aeróbio". *Tese de Doutorado* do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Biologia da UNICAMP, 1999.
- CHACON-MIKAHIL, M.P.T.; FORTI, V.A .M.; CATAI, A.M.; SZRZJER, J.S.; GOLFETTI, R.; MARTINS, L.E.B.; LIMA-FILHO, E.C.; WANDERLEY, J.S.; MARIN-NETO, J.A.; MACIEL, B.C.; GALLO-Jr, L. Cardiorespiratory adaptations induced by aerobic training in middle-aged men: the importance of

a decrease in sympathetic stimulation for the contribution of dynamic exercise tachycardia. *Braz. Journ. Of Med. And Biol. Research*; Vol. 31(5) 705-712, May 1998.

CRIPPS, T.R.; MALIK, M.; FARRELL, T.S.; CAMM, A.J. Prognostic value of reduced heart rate variability after myocardial infarction: clinical evaluation of a new analysis method. *Br. Heart J.* 65: 14-19, 1991.

CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIGLIO, P.G.; DROGHETTI, P.; CODECA, L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J. of Appl. Physiology*, 52: 869-873, 1982.

EWING, D.J.; MARTEN, C.N.; YOUNG, R.J.; CLARKE, B.F. The value of cardiovascular autonomic function tests: 10 years experience in diabetics. *Diabetes Care.*, 8: 491-498, 1985.

FARRELL, T.G.; BASHIR, Y.; CRIPPS, T. Risk stratification for arrhythmic events in post-infarction patients based on heart rate variability, ambulatory electrocardiographic variables and the signal-averaged electrocardiogram. *J. Am. Coll. Cardiol.* 18: 687-697, 1991.

FERRY, A. The Reproducibility of VO_{2max} , Ventilatory, and Lactate Threshold in Elderly Women. *Med. Sci. sports. Exerc.*, 18: 425-430, 1986.

FUENMAYOR, A.J.; ROSALES, J.G.; FUENMAYOR, A.M. Relationship between autonomic nervous system test results, ejection fraction and inducibility of sustained ventricular arrhythmias by means of electrophysiological studies. *Cardiology*, 87: 200-204, 1996.

GAISL, G.; WIESSPEINER, G. A noninvasive method of determining the anaerobic threshold in children. *Int. J. Sports Med.* 9:41-44, 1988.

GALLO Jr., L.; MORELO FILHO, J.; MACIEL, B.C.; MARIN NETO, J.A.; MARTINS, L.E.B.; LIMA FILHO, E.C. Functional Evaluation of Sympathetic

- and Parasympathetic System in Chagas' Disease Using Dynamic Exercise. *Cardiovascular Research*, 922-927, 1987.
- GALLO Jr. L.; MACIEL, B.C.; MARIN-NETO, J.A.; MARITNS, L.E.B. Ajustes cardiovasculares ao exercício físico. Efeitos do treinamento aeróbio. *Medicina Ribeirão Preto*. 23(2): 101-106, 1990.
- GALLO Jr. L.; MACIEL, B.C.; MARIN-NETO, J.A.; MARITNS, L.E.B.; LIMA-FILHO, E.C.; GOLFETTI, R.; CHACON-MIKAHIL, M.P.T.; FORTI, V.A.M. Control of heart rate during exercise in health and disease. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 28 (11-12): 1179-1184, 1995.
- GELBER, D.A.; PFEIFER, M.; DAWSON, B.; SCHUMER, M. Cardiovascular autonomic nervous system tests: determination of normative values and effect of confounding variables. *J. Autonomic Nervous System*, 62:40-44, 1997.
- GRASSO, R.; SCHENA, F.; GULLI, G.; CEVESE, A. Does low-frequency of heart period reflect a specific parasympathetic mechanism? *Journal Aut. Nervous System.*, 63: 30-38, 1996.
- GREGOIRE, J.; TUCK, S.; YAMAMOTO, Y.; HUGHSON, R.L. Heart rate variability at rest and exercise: influence of age, gender, and physical training. *Can. J. Appl. Physiol.*, 21-6:455-470, 1996.
- GYTON, A.C.; HALL, J.E. *Textbook of Medical Physiology*. Saunders, Philadelphia, 1996.
- HARVEY, A.C. *Time Series Analysis*, Phillip Allan Publishers Limited, Oxford, England, 229 páginas, 1981.
- HON, E.H.; LEE, S.T. Electronic evaluations of the fetal heart rate patterns preceding fetal death. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 87: 817-826, 1965.

- HAYANO, J.; SKAKIBARA, Y.; YAMADA, M.; KAMIYA, T.; YAMADA, M. Accuracy of assessment of cardiac vagal tone by heart rate variability in normal subjects. *Am. J. of Cardiology*, 76: 199-204, 1991.
- IKUTA, T.; HIMODA, O.; KANO, T. Quantitative assessment of the autonomic nervous system activities during atropine-induced bradycardia by heart rate spectral analysis. *J. of Autonomic Nervous System*, 52:71-76, 1995.
- JENKINS, G.M. *Practical experiences with modelling and forecasting time series*. Jersey, Channel Islands, GJP Publications, 1979.
- JESUS, P.C. Considerações metodológicas e caracterização de procedimentos implicados nas análises temporal e espectral da variabilidade da frequência cardíaca, para avaliação clínica do controle autonômico do coração. *Dissertação de mestrado*, Faculdade de Ciências da saúde, Universidade de Brasília, 1996.
- JUNQUEIRA Jr., L.F. Sobre o possível papel da disfunção autonômica cardíaca na morte súbita associada à doença de Chagas. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 56(6): 429-434, 1990.
- KATZ, A.; SAHLIN, K. Regulation of lactic acid production during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 65: 509-518, 1988.
- KAMATH, M.V.; FALLEN, E.L. Power spectral analysis of heart rate variability: a noninvasive signature of cardiac autonomic function. *Crit. Rev. Biomed. Eng.*, 21: 245-311, 1994.
- KOEPCHEN, H.P. History of studies and concepts of blood pressure waves. In: Miyakawa K, *Mechanisms of blood pressure waves*. Tokyo: Springer- Verlag, 3-25, 1984.

- KUIPERS, H.; KEIZER, H.A.; VIRIES, T.; VAN RIJTHOVEN, P.; WIJTS, M. Comparison of heart rate as a noninvasive determinant of anaerobic threshold with the lactate threshold when cycling. *Eur. J. Appl. Physiol*, 58:303-306, 1988.
- LEITE, J.J.; MOURA, Jr. *O computador em ergometria - Ergometria e Cardiologia Desportiva*, Medsi, Rio de Janeiro, 1986.
- LEVY, M.N. Autonomic interactions in cardiac control. *Annal of the N.Y. Academy of Sciences*, 601: 209- 221, 1990.
- LINDQUIST, A. Noninvasive methods to study autonomic nervous control of circulation. *Acta Phys. Scand.*, 138 : 21-22, 1990.
- LIPORONE, M.A .; BARCELLOS, S.R.; OLIVEIRA, L.; SILVA, E.; CATAI, A .M.; MILAN, L.A .; GALLO Jr., L.; TREVELIN, L.C. Aplicativo gráfico para análise de dados relativos a FC obtidos a partir de eletrocardiógrafo e armazenados em arquivos. *Anais do V Congresso de Iniciação Científica*, p. 64, 1997.
- LOMBARDI, F.; MONTANO, N.; FINOCCHIARO, M.L.; RUSCONE, T.G.; CERUTTI, S.; BASELLI, G.; MALLIANI, A. Spectral analysis of sympathetic discharge in decerebrate cats. *J. Autonomic N. System*, 30:S97-S100, 1990.
- LONGO, A.; FERREIRA, D.; CORREIA, M.J. Variabilidade da frequência cardíaca. *Rev. Port. Cardiol.* 14(3): 241-262, 1995.
- LUCINI, D.; TRABUCCHI, V.; MALLIANI, A.; PAGANI, M. Analysis of initial autonomic adjustments to moderate exercise in humans. *Journal of Hypert.* 13: 1660-1663, 1995.
- MACIEL, B.C.; GALLO Jr., L.; MARIN-NETO, J.A.;LIMA FILHO, E.C. and MARTINS, L.E.B. Autonomic Nervous Control of the Heart Rate During Dynamic Exercise in Normal Man. *Clinical Science.*, v. 71, 457-460, 1986.

- MALIK, M.; CAMM, A.J. Heart rate variability and clinical cardiology. *Br. Heart J.* 71: 3-6, 1994.
- MALLIANI, A.; PAGANI, M.; LOMBARDI, F.; FURLAN, R.; GUZZETTI, S.; CERUTTI, S. Spectral analysis to assess increased sympathetic tone in arterial hypertension. *Hyperten.* 17(4): III- 36-42, 1991.
- MANÇO, J.C.; GALLO Jr., L.; GODOY, L.A. Degeneration of the cardiac nerves in Chagas' disease. *Circulation*, vol. XL, 879-885, 1969.
- MARÃES, V.R.F.S.; CATAI, A.A.M.; OLIVEIRA, L.; MOURA, M.S.A.; TREVELIN, L.C.; GALLO, Jr., L.; SILVA, E.; Study of variability of instantaneous heart rate for the detection of anaerobic threshold. *Italian Journal of Anatomy and Embryology.*, Suplemento al vol. 101; Catania, Itália, outubro 1996.
- MARÃES, V.R.F.S.; RIBEIRO, T.F.; GOMES, V.R.; MOURA, M.S.A.; SILVA, E.; GALLO Jr., L. Estudo da variabilidade da frequência cardíaca na caracterização do limiar de anaerobiose em voluntários jovens e de meia-idade. *Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo*, 9:33, 1999.
- MARTINELLI, F. S.; "Respostas da frequência cardíaca e da pressão arterial sistêmica às manobras postural passiva e de Valsalva, em indivíduos sedentários e atletas corredores de longa distância" *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Educação Física - UNICAMP, Campinas, 1996.
- MAUD, P.J.; FOSTER, C. *Physiological Assessment of Human Fitness*. Human Kinetics, USA, 1995.
- MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. *Essential of Exercise Physiology*, 1994.
- MORETTIN, P.A.; TOLOI, C.M. *Previsão de Séries Temporais*. Atual editora, São Paulo, 1985.

- MORETTIN, P.A.; TOLOI, C.M. Métodos Quantitativos: Séries Temporais. Atual editora, São Paulo, 1986.
- NARAYANAN, N.; DERBY, J.A. Effects of age on muscarinic cholinergic receptors in rat myocardium. *Can. Journal Physiol. Pharmacol.* 61: 822-829, 1983.
- NATHELSON, B.H. Neurocardiology na interdisciplinary area for the 80s. *Archives of Neurology*, 42 (2): 178-184, 1985.
- NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M.H. *Applied Linear Regression Models*. Homewood, Boston, 1989.
- NISHIMURA, R.A. & TAJIK, J. The Valsalva Maneuver and response revisited. *Mayo Clinic Procedures*, 61:211-217, 1986.
- ORI, Z.; MONIR, G.; WEISS, J.; SAYHOUNI, X.; SINGER, D.H. Heart rate variability frequency domain analysis. *Amb. Electrocardio*, 10(3): 499-537, 1992.
- O'BREIN, L.A.D.; O'HARE, P.; CORRALL, R.J.M. Heart rate variability in healthy subjects: Effect of age and the derivation of normal ranges for tests of autonomic function. *Br. Heart J.*, 55:348-354, 1986.
- PAGANI, M.; SOMERS, V.; FURLAN, R.; DELL'ORTO, S.; CONWAY, J.; BASELLI, G.; CERUTTI, S.; SLEIGHT, P.; MALIANI, A. Changes in autonomic regulation induced by physical training in mild hypertension. *Hypertension*, 12: 600-610, 1988.
- PERINI, R.; ORIZIO, C.; BASELLI, G.; CERUTTI, S.; VEICSTEINAS, A. The influence of exercise intensity on the power spectrum of heart rate variability. *European J. of Appl. Physiology*, 61:143-148, 1990.
- PETTO, J.; RIBEIRO, T.F.; GOMES, V.R.; MOURA, M.S.A.; MARÃES, V.R.F.S.; CATAI, A.M.; OLIVEIRA, L.; TRAVELIN, L.C.; GALLOJR., L.; SILVA, E.

Determinação do limiar de anaerobiose (LA) pela variabilidade da frequência cardíaca (FC), utilizando-se o modelo autorregressivo integrado médias móveis. *Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo*, 9:33, 1999.

RIBEIRO, T.F.; GOMES, V.R.; MOURA, M.S.A.; MARÃES, V.R.F.S.; CATAI, A.M.; OLIVEIRA, L.; TRAVELIN, L.C.; GALLOJR., L.; SILVA, E. Estudo do limiar de anaerobiose em mulheres sedentárias durante esforço físico dinâmico. *Anais XIII Reunião da Federação de Sociedades de Biologia Experimental*, p. 258, 1998.

RIBEIRO, J.P.; FIELDING, R.A.; HUGHES, V.; BLACK, A.; BOCHESSE, M.A. KNUTTGEN, H.G. Heart rate break point may coincide with the anaerobic but not the aerobic threshold. *Int. J. of Sports Medicine*, 6:220-224, 1985.

RICKLIN, H.; MACCARTER, D.J.; MAIRE, R.; AMANN, F.W.; CANDINAS, R. Age and Sex related changes in heart rate to ventilation coupling: implications for rate adaptive pacemaker algorithms. *PACE*, 20:104-111, 1997.

ROTHSCHILD, M.; ROTHSCCHILD, A.; PFEIFER, M. Temporary decrease in cardiac parasympathetic tone after acute myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.*, 62:637, 1988.

ROWELL, L.B. *Human Circulation: Regulation during physical stress*. Oxford University Press, 1a. Edição, New York, 1986.

ROWELL, L.B.; O'LEARY, D.S. Reflex control of circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. *Journal Appl. Physiol.*, 69:407-18, 1990.

ROLLIN, M.C.; ATKINSON, M.; TILLER, W. A.; REIN, G.; WATKINS, A.D. The effects of emotions on short-term power spectrum analysis of heart rate variability. *The Journal Am. J. Cariology*, 76(14): 1089-1093, 1995.

- SAUL, P.; ARAI, Y.; BERGER, R.; LILLY, L.; COLUCCI, W.; COHEN, R. Assessment of autonomic regulation in congestive heart failure by heart rate spectral analysis. *Am J. Cardiol.*, 61: 1292-1299, 1988.
- SAITO, M.; TSUKANAKA, A.; YANAGIHARA, D.; MANO, T. Muscle sympathetic nerve responses to graded leg cycling. *Journal Appl. Physiol.* 75:663-667, 1993.
- SHANNON, D.C.; CARLEY, D.W.; BENSON, H. Aging modulation of heart rate. *Am. Journal Physiol.* 253:H874-H877, 1987.
- SHVAKOV, V.N.; SOUSUNOV, A.A. A successive transformation of the autonomic nervous system during ontogenesis. *Archive Anat. Histol. Embriol.* 76:5-18, 1989.
- SILVA, E. "Modelos Matemáticos da Resposta da Frequência Cardíaca ao Exercício Físico dinâmico em Indivíduos normais". *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1988.
- SILVA, E. & CATAI, A.M. Ficha de Avaliação, Depto de Físio. e Terapia Ocup. da UFSCar, São Carlos, SP, 1991, 6 páginas, formulário.
- SILVA, E.; CATAI, A.M.; TREVELIN, L.C.; GUIMARÃES, J.O.; SILVA Jr. L.P.; SILVA, L.M.P.; OLIVEIRA, L.; MILAN, L.A.; MARTINS, L.E.B.; GALLO Jr., L. Design of a computerized system to evaluate the cardiac function during dynamic exercise. *Phys. Med. Biol.*, 33a:409, 1994.
- SILVA, E. Influência do Exercício Isométrico nas Respostas da Frequência Cardíaca e Eletromiográficas no Homem". *Tese de Doutorado* do Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Biologia da UNICAMP, 1998.

- SKYSCHALLY, A.; BRUER, H.M.; HEUSCH, G. The analysis of heart rate does not provide a reliable measurement of cardiac sympathetic activity. *Clin. Sci. (Colch)*, 91 (suppl) 102 – 104, 1996.
- SMITH, M.L.; BEIGHTOL, L. A.; FRITSCH-YELLE, J.M.; ELLENBOGEN, K.A.; PORTER, T.R.; ECKBERG, D.L. Valsalva's maneuver revisited: a quantitative method yielding insights into human autonomic control. *Heart Circ. Physiol.* 40: H1240-H1249, 1996.
- TAGARIS, G.A.; RICHTER, W.; KIM, S.G.; GEORGOPOULOS, A.P. Box-Jenkins intervention analysis of functional magnetic resonance imaging data. *Neuroscience Research*, 27:289-294, 1997.
- TAYLOR, J.A.; HAYANO, J.; SEALS, D.R. Lesser vagal withdrawal during isometric exercise with age. *J. Appl. Physiol.* 79(3):805-811, 1995.
- TILLER, W.A.; MC CRATY, R.; ALTKINSON, M. Cardiac Coherence: A new noninvasive measure of autonomic nervous system order. *Alternative Therap. in health and med.* 2(1): 52-65, 1996.
- TULPPO, M.P.; MAKIKALLIO, T.H.; TAKALA, T.E.S.; SEPPANEN, T.; HUIKURI, H.V. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *The Am. Physiol. Society*, 271:H244-H252, 1996.
- TULPPO, M.P.; MAKIKALLIO, T.H.; SEPPANEN, T.; LAUKKANEN, R.T.; HUIKURI, H.V. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *American Journal Physiological*.275:H424-H429, 1998.
- VYBRIAL, T.; BRYG, R.J.; MADDENS, M.E.; BAHSIN, S.S.; CRONIN, S.; BODEN, W.E. LEHMANN, M.H. Effects of transdermal scopolamine on heart rate variability in normal subjects. *Am. J. of Cardiology*, 65: 604-608, 1990.
- WASSERMAN, K.; HANSEN, J.E.; SUE, D.Y.; CASABURI, R.; WHIPP, B.J. *Text book: Principles of exercise testing and interpretation*. 1999.

- WASSERMAN, K.; HANSEN, J.E.; SUE, D.; WHIPP, B.J.; CASABURI, R.
Principles of exercise testign and interpretation. Editora LEA & FEBIGER, 2a. edição, 1994.
- WASSERMAN, K. Anaerobiosis, Lactate, and Gas Exchange During Exercise: the Issues. *Federation Proc.*, 45: 2904-2909, 1986.
- WASSERMAN. K.; WHIPP, B.J.; KOYAL, S.N.; BEARVER, W.L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange durng exercise. *Journal of Applied Physiology*. 35:236-243, 1973.
- WILLIAMSON, J.W.; NÓBREGA, A.C.L.; WINCHESTER, S.Z.; MITCHELL, J.H.
 Instantaneous heart rate increase with dynamic exercise: central command and muscle-heart reflex contributions. *The Am. Physiol. Society*. 78(4):1273-1279, 1995.
- WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. *Physiology of Sport and Exercise*. Human Kinetics, USA, 1994.
- WLASH, R.A. Cardiovascular effects of the aging process. *Am. J. Med*. 82(1): s1b34-s1b40, 1987.
- WOLF, M.M.; VARIGOS, G.A.; HUNT, D.; SLOMAN, J.G. Sinus arrhymia in acute myocardial infarction. *Med. J. Aust.*, 2 : 52-53, 1978.

APÊNDICE I

PARECER DA COMISSÃO DE ÉTICA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
HOSPITAL DAS CLÍNICAS
COMISSÃO DE ÉTICA MÉDICA

CONSULTA No. 405/97-C.Ética

DATA: 17.02.97

ASSUNTO: Projeto de Pesquisa: "Estudo da variabilidade da frequência cardíaca instantânea e do limiar da anaerobiose"

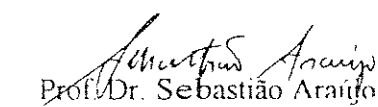
INTERESSADO: Vera Regina Fernandes da Silva Marães
Prof. Dr. Lourenço Gallo Júnior

RELATOR: Prof. Dr. Sebastião Araujo

PARECER

Consideramos que o projeto referido acima obedece os requisitos necessários para pesquisa. No entanto, deverão ser acrescentados os números de telefone da Comissão de Ética e do pesquisador no Termo de Consentimento Pós-Informação, caso o paciente necessite entrar em contato.

Esta Comissão manifesta-se favorável à realização do estudo.


Prof. Dr. Sebastião Araújo

PRESIDENTE DA COMISSÃO DE ÉTICA MÉDICA
HC/UNICAMP

APÊNDICE II

CONSENTIMENTO FORMAL

CONSENTIMENTO FORMAL DE PARTICIPAÇÃO NO "ESTUDO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA INSTANTÂNEA E DO LIMIAR DE ANAEROBIOSE".

RESPONSÁVEIS:

Orientador: Prof.Dr. Lourenço Gallo Júnior.

Co- orientadora: Profa. Ester da Silva.

Pesquisadora: Vera Regina Fernandes da Silva Marães

Eu _____
 _____ portador _____ do _____ RG _____
 Nº _____ residente _____ à _____
 Rua: _____ Nº _____ Bairro: _____
 Cidade: _____ - _____, voluntariamente concordo em
 participar do projeto de pesquisa proposto por Vera Regina Fernandes da Silva
 Marães, que será realizado no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular do
 Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos.

A pesquisa tem por finalidade estudar a variabilidade da frequência cardíaca instantânea durante o repouso e durante manobras respiratórias e ainda observar a ocorrência do limiar de anaerobiose durante testes de esforço físico realizado neste mesmo local.

Antes do início do teste em questão, já terei sido submetido a uma avaliação clínica constando de uma anamnese, um exame físico e exames laboratoriais (hemograma, urina tipo I, dosagem do colesterol sanguíneo, dosagem dos hormônios T3 e T4). Serei ainda, submetido a um ECG em repouso nas posturas deitado, sentado e em hiperventilação, conjuntamente com a verificação de frequência cardíaca e pressão arterial, e também durante o esforço contínuo e progressivo de tolerância ao exercício. O objetivo desta avaliação é detectar possíveis alterações cardiovasculares que contra-indique minha participação na pesquisa. De acordo com minha capacidade cardiorrespiratória, visto por laudo médico e análise da variação de frequência cardíaca e pressão arterial e ECG durante o esforço, estarei apto ou não a prosseguir o programa estabelecido no projeto.

O procedimento experimental constará de cinco etapas: 1º. etapa: repouso na posição deitada supino por 30 min.; 2º. etapa: manobra de Valsalva com pressão oral de 40 mmHg durante 20 s., na posição deitada supino. As narinas serão obstruídas com auxílio de um clipe nasal e eu terei que manter a pressão oral visualizando o manômetro; 3º. etapa: repouso na posição sentada por 30 min.; 4º. etapa: manobra de respiração lenta e profunda (6 ciclos por min.) durante 3 min. na posição sentada; 5º. etapa: teste de esforço físico dinâmico: serei submetido a dois testes de esforço (em bicicleta de frenagem eletromagnética) semelhante ao feito anteriormente, diferenciado pelos aumentos de níveis de potência e a duração deste

esforço. Esses testes, chamados de teste de esforço físico descontínuo, possuem o acréscimo de potência de esforço físico proporcional à potência máxima atingida no esforço contínuo. Cada nível de potência será mantida durante 12 minutos, onde a frequência cardíaca será registrada 1 minuto antes, 12 minutos durante, e 1 minuto após o esforço. A nova potência será imposta quando os valores da frequência cardíaca voltarem ao valor de repouso.

Antes de iniciar os testes, serei instruído sobre os sinais e sintomas que devem me alertar a parar a continuidade do teste, sem falar que serei observado por uma equipe treinada que estará alerta a qualquer alteração que possa sugerir a interrupção do esforço exigido. A equipe que fará os testes estará sempre pronta a responder qualquer dúvida acerca dos procedimentos desta pesquisa.

Os benefícios que terei com tais procedimentos, incluem a verificação de possíveis alterações eletrocardiográficas associadas com a análise dos exames laboratoriais, observando assim, clinicamente minha situação física. Os testes me possibilitarão reconhecer os limites fisiológicos para uma atividade física, servindo também como encaminhamento à treinamentos físicos que evitem minha sobrecarga cardiorespiratória.

As informações obtidas durante as avaliações e dos exames laboratoriais serão mantidas em sigilo e não poderão ser consultadas por pessoas leigas sem minha expressa autorização por escrito. As informações assim obtidas, no entanto, poderão ser usadas para fins estatísticos ou científicos, sempre resguardando minha privacidade.

Eu li e entendi as informações precedente. Além disso, todas as dúvidas que me ocorreram já foram sanadas completamente. Durante o período de observação científica, estarei ciente do meu compromisso e da minha condição de voluntário.

Comprometo-me por meio deste, seguir com o programa até sua finalização visando reconhecer os meus limites orgânicos, além de me desempenhar para a continuidade do estudo proposto.

São Carlos, de de 199 .

Assinatura do voluntário
Responsáveis:

Prof. Dr. Lourenço Gallo Júnior

Prof.a. Ester da Silva

Vera Regina Fernandes da Silva Marães
Telefone: (019) 589-1147 ou (016) 260-8381

APÊNDICE III

FICHA DE AVALIAÇÃO

FICHA DE AVALIAÇÃO:

1- DADOS PESSOAIS:

NOME: _____

_____ SEXO: () MASC. () FEM.

ENDEREÇO: RUA _____ N° _____

BAIRRO: _____ CIDADE _____ - _____

CEP: _____ TELEFONE: _____

NASCIMENTO: ____/____/____. IDADE: _____ ANOS.

LOCALIDADE: _____ - _____

RAÇA: () BCA () NEGR () ASIA

PROFISSÃO: _____ ÁREA: _____

ESCOLARIDADE: () PRIMÁRIO () SECUNDÁRIO () COLEGIAL/TEC.

() UNIVERSITÁRIO

ESTADO CIVIL: () SOLTEIRO () CASADO () DESQUITADO/DIVORCIADO ()

VIÚVO

2- EXAME FÍSICO:

FC: _____ PA: _____ ALTURA: _____ PESO: _____

3- HÁBITOS DE VIDA:

3.1. É FUMANTE ? () SIM () NÃO

OBSERVAÇÕES: _____

3.2. INGERE BEBIDAS ALCOOLICAS ? ☐ SIM ☐ NÃO

SE SIM, TIPO: ☐ DESTILADOS ☐ FERMEMNTADOS ()

AMBOS

QUANTIDADE: _____

FREQUÊNCIA: _____

OBSERVAÇÕES: _____

3.3. QUAL NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA:

☐ INATIVIDADE FÍSICA

☐ ATIVIDADE FÍSICA LEVE

☐ ATIVIDADE FÍSICA MODERADA

☐ ATIVIDADE FÍSICA INTENSA

☐ ATIVIDADE FÍSICA MUITO INTENSA

FREQÜÊNCIA	DURAÇÃO	MODALIDADE
☐ 1 X POR SEMANA		
☐ 2 X POR SEMANA		
☐ 3 X POR SEMANA		
☐ + 3 X POR SEMANA		

3.4. APRESENTA ALGUM DISTÚRBO DE SONO?

☐ SIM

OBSERVAÇÕES: _____

☐ NÃO

4 - ANTECEDENTES FAMILIARES

4.1- APRESENTA ANTECEDENTES FAMILIARES DAS DOENÇAS ABAIXO RELACIONADAS?

☐ SIM

☐ NÃO

SE SIM ESPECIFICAR:

CATEGORIA	PARENTESCO	HÁ QUANTO TEMPO
ALTERAÇÃO DA TIREÓIDE		
DIABETES		
DISLIPEMIA		
OBESIDADE		
RENAIS		
PULMONARES		
CARDIOVASCULAR		

5 - HISTÓRIA PREGRESSA E ATUAL DE DOENÇAS:

5.1 - APRESENTA OU APRESENTOU ALGUMA DAS DOENÇAS ABAIXO?

DOENÇAS	SIM	NÃO	TIPO	HÁ QUANTO TEMPO
ALTERAÇÃO DA TIREÓIDE				
DIABETES				
DESLIPEMIA				
OBESIDADE				
RENAIS				
PULMONARES				
ESCLERODERMIA				
ESPASMO ESOFÁGICO				
ÚLCERA PÉPTICA				
EPILEPSIA				

OBSERVAÇÕES: _____

5.2 - COSTUMA SENTIR FALTA DE AR (DISPNÉIA)?

☐ SIM

☐ NÃO

OBSERVAÇÕES: _____

5.3. APRESENTA OUTROS SINTOMAS?

☐ SIM☐ NÃO

RELATAR: _____

APÊNDICE IV

TABELAS

TABELA 1A: Características antropométricas, idade observadas nos voluntários estudados (grupo jovem N = 10 e grupo meia-idade N = 11).

GRUPO JOVEM				GRUPO MEIA-IDADE			
Voluntário	Idade	Peso	Altura	Voluntário	Idade	Peso	Altura
	(anos)	(Kg)	(cm)		(anos)	(Kg)	(cm)
AJCL	24	78	180,0	AC	46	76,5	171,0
DB	24	62,5	168,0	ACC	43	73	171,0
EFM	21	78,5	183,0	ADS	40	85,7	178,0
FM	22	60	175,5	CAC	41	79	177,0
FV	22	89	188,0	CRB	44	85	178,0
HBF	20	54	167,0	JAC	41	83	176,0
LGP	20	92	182,0	JWME	45	67	164,5
MAN	23	71,1	172,0	MABC	43	92	184,0
MRC	23	62,6	173,0	MAF	40	81	173,0
WJBS	24	69	181,0	MR	43	88	173,0
				PCB	40	93	181,0
Média	22,3	71,67	176,95	Média	42,36	82,11	175,13
DP	1,57	12,57	6,93	D.P	2,11	7,92	5,38
Mínimo	20	54	167	Mínimo	40	67	164,5
Q1	21	62,5	172	1ºQuartil	40	76,5	171
Mediana	22,5	70,05	177,75	Mediana	43	83	176
Q3	24	78,5	182	3º Quartil	44	88	178
Máximo	24	92	188	Máximo	46	93	184

Quilograma: kg; centímetros: cm; desvio padrão: DP; 1º Quartil: Q1; 3º Quartil: Q3.

TABELA 2A: Pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), frequência cardíaca (FC) na condição de repouso e nível de atividade física de ambos grupos estudados (grupo jovem N =10 e meia-idade N =11).

GRUPO JOVEM					GRUPO MEIA-IDADE				
Voluntário	PAS	PAD	FC	Nível de Ativ.Fis.	Voluntário	PAS	PAD	FC	Nível de Ativ.Fis.
	(mmHg)	(mmHg)	(bpm)	(h/sem)		(mmHg)	(mmHg)	(bpm)	(h/sem)
AJCL	110	70	60	2,5	AC	110	80	61	2,5
DB	115	75	72	2,5	ACC	120	60	66	2,5
EFM	120	75	60	2	ADS	110	70	60	2
FM	110	80	60	2,5	CAC	115	85	66	2,5
FV	110	80	60	2	CRB	110	70	66	3
HBf	110	80	60	1,5	JAC	120	90	60	2,5
LGP	125	85	60	1	JWME	115	80	60	2
MAN	110	80	66	1,5	MABC	120	60	64	1,5
MRC	115	70	72	2	MAF	110	80	66	2
WJBS	110	65	72	2,5	MR	120	80	66	2
					PCB	120	90	60	2,5
Média	113,5	76	64,2	2	Média	115,5	76,82	63,18	2,27
DP	5,29	6,14	5,69	0,53	DP	4,72	10,55	2,93	0,41
Mínimo	110	65	60	1	Mínimo	110	60	60	1,5
Q1	110	70	60	1	25%	110	70	60	2
Mediana	110	77,5	60	2	Mediana	115	80	64	2,5
Q3	115	80	72	2,5	75%	120	85	66	2,5
Máximo	125	85	72	2,5	Máximo	120	90	66	3

Milímetros de mercúrio: mmHg; batimentos por minutos: bpm; horas por semana: h/sem, pressão arterial sistólica: PAS; pressão arterial diastólica: PAD; frequência cardíaca: FC; desvio padrão: DP; 1º Quartil : Q1; 3º Quartil: Q3.

TABELA 3A: Valores das potências e frequência cardíaca (FC) pico atingidos no teste de esforço físico dinâmico contínuo (TEFDC) de todos os voluntários e potências e frequências médias, no intervalo do 1^o ao 12^o minuto de esforço físico, atingidas na potência do LA, e a porcentagem da potência e da FC no LA em relação ao TEFDC grupo de meia-idade.

Volunt.	Pot. e FC pico atingida no TEFDC		Pot. e FC atingida na Pot. do LA no protocolo I		Pot. no LA em relação ao TEFDC	FC em relação ao TEFDC	Pot. e FC atingida na Pot. do LA no protocolo II		LA em relação ao TEFDC	FC em relação ao TEFDC
	Pot. W	FC (bpm)	Pot.W	FC	%	%	Pot. (W)	FC (bpm)	%	%
ADS	200	188	55	96	36,5	51,1	65	107	43,3	56,9
AC	175	188	80	126	45,7	67,2	80	118	45,7	62,7
ACC	200	175	55	93	27,5	53,1	75	103	37,5	58,8
CAC	200	190	55	86	27,5	45,2	55	87	27,5	45,8
CRB	225	190	35	82	15,5	43,2	65	104	28,9	54,7
JAC	200	180	75	101	37,5	56,1	85	114	42,5	63,3
JWME	200	190	35	92	17,5	48,4	45	96	22,5	50,5
MABC	200	170	75	96	37,5	56,5	75	95	37,5	55,9
MAF	175	190	85	129	48,6	67,9	85	126	48,6	66,3
MR	175	183	60	121	34,3	66,1	50	108	28,6	59
Médias	195	184,4	61	102,2	32,8	55,5	68	105,8	36,2	57,4
Mediana	200	188	57,5	96	35,4	54,6	70	105,5	37,5	57,8
Mínimo	175	170	35	82	15,5	43,2	45	87	22,5	45,8
Máximo	225	190	85	129	48,6	67,9	85	126	48,6	66,3
25%	175	180	55	92	27,5	48,4	55	96	28,6	54,7
75%	200	190	75	121	37,5	66,1	80	114	43,3	62,7
D. P.	15,8	7,2	17,6	16,9	10,88	9	14,4	11,6	8,9	6,1

Watts: W; frequência cardíaca: FC; frequência cardíaca média: FC; percentual: %; potência: pot.; voluntário: volunt.; limiar de anaerobiose: LA; Quartil : Q1; 3^o Quartil: Q3.

TABELA 4A: Valores das potências e frequência cardíaca (FC) pico atingidos no teste de esforço físico dinâmico contínuo (TEFDC) de todos os voluntários e potências e frequências atingidas na potência do LA, e a porcentagem da potência e da FC no LA em relação ao TEFDC grupo jovem.

Volunt.	Pot. e FC pico atingida no TEFDC		Pot. e FC atingida na Pot. do LA no protocolo I		Pot. no LA em relação ao TEFDC	FC em relação ao TEFDC	Pot. e FC atingida na Pot. do LA no protocolo II		LA em relação ao TEFDC	FC em relação ao TEFDC
	Pot. W	FC (bpm)	Pot.W	FC	%	%	Pot. (W)	FC (bpm)	%	%
AJCL	200	188	75	106	37,5	56,4	85	108	42,5	57,4
DB	225	185	110	141	48,9	76,2	115	140	51,1	75,6
EFM	200	200	90	125	45	62,5	90	127	45	63,5
FDM	200	190	75	110	37,5	57,9	75	101	37,5	53,1
FV	250	192	105	110	42	57,3	95	111	38	57,8
HBFB	150	178	75	118	50	66,3	75	116	50	65,2
LGP	200	198	65	116	32,5	58,6	65	119	32,5	60,1
MAN	200	190	100	114	50	60	100	112	50	58,9
MRC	175	200	65	122	37,1	61	45	125	25,7	62,5
WJBS	200	195	85	121	27,5	59	85	122	42,5	62,5
Médias	200	191,6	84,5	118	42,3	61,8	83,1	118,1	41,48	61,66
Mediana	200	191	75	116	42	60	85	117,5	42,5	61,3
Mínimo	150	178	65	106	32,5	56,4	45	101	25,7	53,1
Máximo	250	200	110	141	50	76,2	115	140	51,1	75,6
Q1	200	188	75	110	37,5	57,9	75	111	37,5	57,8
Q3	200	198	101	122	48,9	62,5	95	125	50	63,5
D.P.	26,35	6,99	17,33	10,52	6,5	6,19	19,56	11,1	8,23	6,03

Watts:W; frequência cardíaca: FC; frequência cardíaca média: FC; percentual: %; potência: pot.; voluntário: volunt.; limiar de anaerobiose: LA; Quartil : Q1; 3º Quartil: Q3.

TABELA 5A: Condições ambientais médias mantidas durante a realização dos procedimentos experimentais em voluntários jovens e de meia-idade.

Grupo Jovem			Grupo Meia-idade		
Volunt	Umidade Relativa do ar (%)	Temp (°Celsius)	Volunt	Umidade Relativa do ar (%)	Temp (°Celsius)
AJCL	64	22	AC	60	23
DB	70	22	ACC	55	23
EFM	67	22	ADS	60	23
FM	60	23	CAC	75	23
FV	53	24	CRB	60	22
HBf	61	23	JAC	60	23
LGP	58	22	JWME	70	21
MAN	52	24	MABC	65	21
MRC	55	24	MAF	54	23
WJBS	68	23	MR	68	23
			PCB	70	22
Média	60,8	22,9	Média	62,7	22,5
DP	6,3	0,8	DP	6,6	0,8
Mínimo	52	22	Mínimo	54	21
Q1	55	22	25%	60	22
Mediana	60,5	23	Mediana	60	23
Q3	67	24	75%	68	23
Máximo	70	24	Máximo	75	23

Voluntário: volunt; percentual:%, 1º Quartil : Q1; 3º Quartil: Q3.

TABELA 6A: Valores individuais dos deltas e dos índices de Valsalva calculados a partir dos intervalos RR (IRR) em milissegundos (ms) e da frequência cardíaca em batimentos minutos (bpm) dos voluntários estudados.

Grupo Jovem												
	Delta dos IRR (ms)		Media	Índice dos IRR		Média	Delta da FC (bpm)		Média	Índice da FC		Média
Volunt	MV1	MV2		MV1	MV2		MV1	MV2		MV1	MV2	
AJCL	615	617	616	1,97	1,99	1,98	46,65	47,68	47,16	1,95	1,99	1,97
DB	629	665	645	1,99	1,98	1,98	47,45	42,89	42,21	2	1,98	1,99
EFM	703	833	768	2,31	2,6	2,45	63,58	71,29	67,43	1,92	2,61	2,26
FDM	560	586	572,5	1,9	1,92	1,91	43,27	45,5	44,38	1,9	2,31	2,1
FV	611	522	566,5	1,93	1,73	1,83	43,85	35,65	39,67	1,93	1,73	1,83
HBF	804	816	810	2,34	2,28	2,31	56,71	53,38	55,04	2,33	2,28	2,3
LGP	507	481	494	1,95	1,87	1,91	55,11	53,62	54,36	1,95	1,97	1,96
MAN	613	667	640	2,02	2,05	2,03	50,25	48,82	49,53	2,02	2,05	2,03
MRC	558	562	560	2,02	2,09	2,05	52,27	60,52	56,39	2,02	1,98	2
WJBS	625	823	724	2,1	2,43	2,26	55,23	61,43	58,33	2,09	2,43	2,26
Media	622,5	657,2	639,6	2,05	2,09	2,07	51,43	52,07	51,45	2,01	2,13	2,07
DP	82,43	128,6	100,34	0,15	0,26	0,2	6,39	10,32	8,46	0,12	0,26	0,15
Mediana	614	641	628	2	2,02	2	51,26	51,1	51,95	1,97	2,02	2,01
Q3	681,46	749,19	711,37	2,16	2,28	2,21	56,01	59,46	57,5	2,1	2,32	2,18
Q1	563,54	565,21	567,83	1,94	1,9	1,92	46,86	44,69	45,39	1,92	1,94	1,95
Máximo	804	833	810	2,34	2,6	2,45	63,58	71,29	67,43	2,33	2,61	2,3
Mínimo	507	481	494	1,9	1,73	1,83	43,27	35,65	39,67	1,9	1,73	1,83
Grupo meia-idade												
	Delta dos IRR (ms)		Media	Índice dos IRR		Média	Delta da FC (bpm)		Média	Índice da FC		Média
AC	723	825	774	2,13	2,55	2,34	49,77	68,33	59,05	2,13	2,54	2,33
ACC	454	453	453,3	1,64	1,6	1,62	33,41	33,39	33,4	1,64	1,6	1,62
ADS	507	565	536	1,58	1,52	1,55	42,3	42,27	42,28	1,8	1,86	1,83
CAC	379	450	414,5	1,49	1,6	1,54	25,55	30,41	27,98	1,49	1,6	1,54
CRB	634	546	590	1,84	1,87	1,85	50,05	44,53	47,29	1,93	1,87	1,85
JAC	510	513	511,5	1,71	1,69	1,7	35,44	33,49	34,46	1,73	1,69	1,71
JWE	675	656	665,5	2,09	2,06	2,07	51,06	49,66	50,36	2,09	2,05	2,07
MABC	432	470	451	1,55	1,64	1,59	47,08	31,7	39,39	1,45	1,64	1,54
MAF	592	607	599,5	1,68	1,57	1,62	40,77	49,83	45,3	1,68	1,57	1,62
MR	492	490	491	1,79	1,81	1,79	51	49,55	50,25	1,7	1,8	1,75
PCB	575	606	590,5	1,75	1,79	1,77	33,54	34,42	33,98	1,75	1,79	1,77
Media	543	561,9	552,4	1,75	1,79	1,76	41,81	42,5	42,16	1,76	1,82	1,78
DP	106,61	110,77	105,74	0,2	0,29	0,24	8,79	11,48	9,3	0,21	0,28	0,24
Mediana	510	546	536	1,71	1,69	1,7	42,3	42,27	42,28	1,73	1,79	1,75
Q3	614,62	636,32	623,47	1,89	1,99	1,93	47,72	50,22	35,91	1,62	1,63	1,95
Q1	471,38	487,5	481,4	1,61	1,59	1,6	35,1	34,79	35,91	1,62	1,63	1,62
Máximo	723	825	774	2,13	2,55	2,34	51,06	68,33	59,05	2,13	2,54	2,33
Mínimo	379	450	414,5	1,49	1,52	1,54	25,55	30,41	27,98	1,45	1,57	1,54

Milissegundos: ms; batimentos por minutos: bpm; intervalos RR: IRR; frequência cardíaca: FC;
Voluntário: volunt; 1º Quartil : Q1; 3º Quartil: Q3.

TABELA 7A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário EFM.). Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,001)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,005)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,00662	0,00084	25	0,00629	0,00076
35	0,00354	0,00061	35	0,00024	0,00079
45	0,00125	0,00054	45	0,00067	0,00056
40	0,00217	0,00069	40	0,01088	0,0008
55	0,00493	0,00054	55	0,0106	0,00061
65	0,0087	0,0005	65	0,00834	0,00056
90	0,01516	0,00041	90	0,0112	0,00042

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 8A : Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário FDM.). Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,001)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,47)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	-0,00272	0,00067	25	-0,00279	0,00069
-	-	-	35	0,0043	0,00074
45	0,00362	0,00068	45	-0,00553	0,00059
55	-0,00041	0,00055	55	0,01121	0,0006
50	0,00303	0,00049	50	-0,00417	0,00055
65	0,00585	0,00045	65	0,00282	0,00055
75	0,00931	0,00047	75	-0,00102	0,00047
90	0,0162	0,00053	90	0,02134	0,00049

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 9A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário HBF.). Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,01)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,79)		
c	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,00168	0,00055	25	0,00325	0,0006
-	-	-	35	0,00099	0,00061
45	-0,00041	0,00057	45	0,00699	0,00051
55	0,00101	0,00056	55	0,00658	0,00055
50	0,00533	0,00049	50	-0,00289	0,00061
65	0,00416	0,00049	65	0,00376	0,00045
75	0,00903	0,00051	75	0,0081	0,00058

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 10A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário MAN.). Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,03)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,69)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,00232	0,00101			
35	0,00843	0,00081	35	-0,00038	0,00082
45	0,00813	0,00069	45	0,00716	0,00064
55	0,0073	0,00066	55	0,0117	0,00057
50	0,00264	0,00072	50	0,01959	0,00061
65	0,00934	0,00068	65	0,00345	0,00062
75	0,00985	0,00055	75	0,01195	0,00055
100	0,01955	0,00049	100	0,01627	0,00042

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 11A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário WJBS. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,03)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,39)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,00348	0,0006	60	0,00894	0,00034
35	0,00832	0,00054	55	0,00787	0,00046
45	0,00733	0,00053	65	0,00114	0,0005
55	0,00967	0,00043	45	0,0086	0,00043
65	0,00632	0,00044	75	0,00757	0,00046
60	0,00657	0,00056	35	0,00693	0,00056
75	0,01036	0,00048	85	0,02679	0,00053
85	0,02424	0,00061	25	0,00995	0,00063

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 12A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário FV.). Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,08)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,83)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,00388	0,00081	25	0,00013	0,00083
35	0,00145	0,00076	35	-0,00128	0,00061
45	-0,00504	0,00058	45	0,00692	0,00077
55	0,0007	0,00061	55	0,00288	0,00058
65	0,00261	0,00055	65	0,00481	0,00054
75	0,00378	0,00067	75	-0,00083	0,00053
85	-0,00128	0,00051	85	0,00509	0,00044
95	0,00635	0,00044	95	0,00784	0,00043
105	0,008868	0,00044	105	0,00215	0,00034

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 13A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário DB. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,01)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,15)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,00033	0,00089	25	0,00071	0,00087
35	-0,00461	0,00111	35	0,00337	0,00105
45	0,00246	0,00085	45	0,00282	0,00084
55	0,00465	0,0007	55	-0,00025	0,00096
65	0,00347	0,00082	65	-0,00308	0,00072
75	-0,00217	0,00056	75	-0,0087	0,00065
85	0,00373	0,00064	85	0,00248	0,00091
95	-	-	95	-0,00247	0,00038
105	0,0083	0,00036	105	0,00538	0,00043
115	0,0123	0,00043	115	0,00885	0,00062
110	0,02081	0,00036	110	0,00502	0,00039

TABELA 14A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário LGP. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,002)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,68)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	-0,00101	0,00071	25	0,00149	0,0007
35	0,00189	0,0007	35	-0,00237	0,0006
45	0,00495	0,00061	45	-0,00073	0,0007
55	0,00562	0,00048	55	-0,00083	0,00051
65	0,0066	0,00042	65	0,00824	0,00044
60	0,00853	0,00043	60	0,00665	0,00046
70	0,01221	0,00042	70	0,014	0,00049
75	0,02281	0,00044	75	0,00895	0,00041

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 15A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário MRC. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,12)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,73)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,01014	0,00043	25	0,00662	0,00043
35	0,00185	0,00047	35	0,00592	0,00034
45	0,00312	0,00038	45	0,00412	0,00034
40	0,00295	0,00038	40	0,00897	0,00037
55	0,00337	0,0003	55	0,00707	0,00032
65	0,01225	0,00034	65	0,01293	0,00026

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 16A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário ADS. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,15)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,82)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,00353	0,00055	25	-0,0046	0,0008
35	0,00638	0,00057	35	0,00197	0,00072
45	0,00156	0,00061	45	0,00238	0,00052
55	0,00425	0,0005	55	0,00329	0,0004
50	0,00275	0,00052	50	0,00471	0,00052
65	0,01898	0,00041	65	0,01539	0,00048

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 17A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário ACC. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,32)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,12)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,00794	0,00045	25	0,00469	0,00041
35	0,00733	0,00048	35	0,00055	0,0004
45	0,00386	0,00038	45	-0,0027	0,00027
55	0,0101	0,00031	55	0,00311	0,00028
50	0,00137	0,00042	50	0,00221	0,00031
65	0,00326	0,00034	65	0,00132	0,00027
75	0,00916	0,00026	75	0,00729	0,0003

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 18A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário MAF. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,002)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,75)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,00181	0,00095	25	0,00846	0,00084
35	0,00376	0,00104	35	0,00828	0,00075
45	-0,00107	0,00087	45	0,00723	0,00064
55	0,00244	0,00068	55	0,00675	0,00057
65	0,00739	0,00074	65	0,003322	0,00053
60	0,00948	0,0008	60	-0,00261	0,00069
75	0,01102	0,00066	75	0,01351	0,00053
85	0,01505	0,0006	85	0,01648	0,0004

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 19A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário MABC. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,35)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,71)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,00935	0,00055	25	-0,00148	0,00041
35	0,00405	0,00054	35	0,00562	0,00036
45	0,00215	0,0006	45	0,00161	0,0004
55	0,00258	0,00045	55	0,002	0,00033
50	0,00264	0,00036	50	0,00531	0,0004
65	0,00275	0,00034	65	0,00569	0,00036
75	0,01087	0,00032	75	0,00651	0,00032

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 20A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário PCB. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,35)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,39)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,00935	0,00055	25	-0,00148	0,00041
35	0,00405	0,00054	35	0,00562	0,00036
45	0,00215	0,0006	45	0,00161	0,0004
55	0,00258	0,00045	55	0,002	0,00033
50	0,00264	0,00036	50	0,00531	0,0004
65	0,00275	0,00034	65	0,00569	0,00036
75	0,01087	0,00032	-	-	-

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 21A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário CAC. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,53)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,48)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,01399	0,00082	25	-0,00873	0,0007
35	0,00154	0,0007	35	0,00291	0,00073
45	0,00406	0,00068	45	0,00449	0,0009
55	0,00261	0,00063	55	0,00524	0,00059
50	-0,0013	0,00073	50	-0,00333	0,00064
65	0,0051	0,00055	65	0,0015	0,0006
100	0,01282	0,00042	100	0,02229	0,00035

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 22A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário MR. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,001)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,54)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,00244	0,0003	25	0,00358	0,0004
35	0,00599	0,0003	35	0,00679	0,00036
45	0,0088	0,00042	45	0,00207	0,00031
55	0,00602	0,00023	55	0,00299	0,00027
50	0,00965	0,00033	50	0,00805	0,00036
60	0,01532	0,00026	60	0,01142	0,00031
65	0,02133	0,00029	65	0,01843	0,00027

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 23A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário JAC. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P= 0,004)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,43)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,00814	0,00054	25	0,00938	0,00054
35	0,01143	0,00047	35	0,00272	0,00046
45	0,00625	0,00049	45	0,00482	0,00045
55	0,00082	0,00047	55	0,00076	0,00049
65	0,01048	0,00036	65	-0,00209	0,00042
75	0,01615	0,00048	75	0,0017	0,00038
85	0,0201	0,00041	85	0,00752	0,00042
95	0,01813	0,00033	95	0,01259	0,00039
90	0,01675	0,00037	90	0,00717	0,00039
100	0,0249	0,00033	100	0,00603	0,00038

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 24A: Coeficientes angulares da reta (β) e desvio padrão do ajuste da regressão linear ao conjunto de dados de frequência cardíaca em de cada potência dos testes de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD), com potências progressivas (protocolo I) e alternadas (protocolo II), voluntário CRB. Correlação de Spearman entre a potência de esforço físico e o coeficiente angular, nível de significância $\alpha = 0,05$.

TEFDD – Protocolo I (P = 0,02)			TEFDD-D – Protocolo II (P = 0,6)		
Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão	Potência (W)	Coeficiente angular (β)	Desvio Padrão
25	0,00584	0,00041	25	0,00335	0,00041
35	0,01187	0,00046	35	0,00296	0,00046
45	0,00753	0,00043	45	0,00606	0,00038
55	0,01023	0,00033	55	0,00705	0,0003
65	0,01364	0,00034	65	0,00948	0,00028
60	0,01808	0,00043	60	0,02226	0,00033
70	0,00958	0,0003	70	0,0172	0,00035
75	0,0191	0,00032	75	0,01766	0,00028

Teste de esforço físico dinâmico descontínuo: TEFDD; Watts: W; Coeficiente angular: β .

TABELA 25A: Resultados dos ajustes dos modelos autoregressivos integrados de médias móveis (ARIMA) ao conjunto de dados de frequência cardíaca em todas as potências realizadas pelos voluntários do grupo jovem, onde o comportamento da frequência cardíaca começava apresentar tendência, ou seja no limiar anaeróbio. Potência em Watts, modelo (ARIMA), coeficientes de diferenciações e QMR= quadrado médio dos resíduos.

Grupo Jovem								
Protocolo I					Protocolo II			
Volunt	Pot(W)	Modelo	Coeficiente	QMR	Pot(W)	Modelo	Coeficiente	QMR
DB	115	AR(2)	0,2929 -0,4105	2,88	115	AR(3)	0,31 0,2128 -0,1197	1,96
EFM	90	AR(3)	0,2883 -0,1654 -0,1309	2,07	90	AR(3)	0,221 -0,2064 -0,1621	3,75
FV	105	AR(5)	1,1632 -0,6169 0,1996 0,0185 0,1148	2,53	95	AR(4)	0,3683 -0,5564 -0,1189 -0,1737	2,37
FDM	75	MA(4)	-0,1719 0,3588 0,3542 0,3349	3,45	75	MA(4)	-0,1667 0,4709 0,3886 0,288	3,65
HBF	75	AR(4)	0,0211 -0,3586 -0,386 -0,1663	4,88	75	AR(3)	0,0911 -0,4155 -0,2953	3,2
LGP	65	AR(4)	-0,1878 -0,2773 0,0291 0,192	4,84	65	AR(4)	-0,1135 -0,1546 -0,1771 -0,1274	1,59
MAN	100	AR(5)	-0,179 -0,5954 0,0363 -0,2859 -0,1465	7,7	100	AR(4)	0,0283 -0,4553 -0,2549 -0,1163	4,11
MRC	65	AR(5)	0,3987 -0,3511 -0,134 -0,1228	0,93	45	AR(3)	0,3148 -0,343 -0,1801	1,06
WJBS	85	AR(3)	1,1212 -0,5666 0,2197	2,49	85	AR(2)	0,281 -0,3355	5,27

Voluntário: volunt; potência: pot; Watts; W; quadrado médio dos resíduos: QMR; ARIMA: AR

TABELA 26A: Resultados dos ajustes dos modelos autoregressivos integrados de médias móveis (ARIMA) ao conjunto de dados de frequência cardíaca em todas as potências realizadas pelos voluntários do grupo de meia-idade, onde o comportamento da frequência cardíaca começava apresentar tendência, ou seja no limiar anaeróbio. Potência em Watts, modelo (ARIMA), coeficientes de diferenciações e QMR= quadrado médio dos resíduos.

Grupo de meia-idade								
TEFD-D com Potências Progressivas					TEFD-D com Potências Alternadas			
Volunt	Pot(W)	Modelo	Coeficiente	QMR	Pot(W)	Modelo	Coeficiente	QMR
AC	80	AR(3)	0,7791 -0,5793 0,1252	0,502	80	AR(3)	0,6521 -0,515 -0,1235	1,154
ADS	55	AR(4)	0,2481 -0,5266 -0,2141 -0,2236	2,85	65	AR(4)	1,2749 -0,8331 0,2967 0,1311	3,44
ACC	55	AR(4)	0,0071 -0,7409 -0,2546 -0,1757	1,99	75	AR(3)	0,0911 -0,4155 -0,2953	1,04
CAC	55	AR(5)	-0,1434 -0,1672 -0,1689 -0,133 0,144	4,52	45	AR(2)	0,346 -0,622	5,12
CRB	35	AR(4)	-0,2893 -0,4059 -0,3445 -0,3508	4,68	65	AR(4)	0,0573 -0,3472 -0,16 -0,0963	1,48
JAC	75	AR(4)	-0,1378 -0,4023 -0,3422 -0,2005	4,65	85	AR(4)	0,0541 -0,3933 -0,1455 -0,1853	3,51
MAF	85	AR(3)	1,1323 -1,1727 0,3988	7,56	85	AR(4)	0,8399 -0,5238 -0,1497 0,4195	3,22
MABC	75	AR(5)	0,141 -0,3698 -0,3217 -0,1657 -0,1056	1,92	75	(5,4)	0,1481 0,4416 0,6393 -0,3738	2,29
MR	60	AR(4)	0,1567 -0,5644 -0,1198 -0,059	1,34	50	AR(3)	-0,0719 -0,3372 -0,2134	2,71

Voluntário: volunt; potência: pot; Watts; W; quadrado médio dos resíduos: QMR; ARIMA: AR

TABELA 27A: Valores do índice de variabilidade da frequência cardíaca (RMSM) dos voluntários do grupo jovem na condição de repouso e exercício físico (protocolo I):

Volun	Deit.	Sent.	25W	35W	45W	40W	50W	55W	60W	65W	75W	70W	80W	85W	90W	95W	100	105	110	115
AJCL	90,16	108,2	82,65	51,99	36,36	-	-	40,92	-	29,0	25,42	20,58	17,87	15,97	-	-	-	-	-	-
DB	-	76,21	50,91	55,32	40,36	-	-	31,92	-	35,8	21,86	-	-	22,78	-	-	-	12,45	15,99	13,76
EFM	109,5	100,7	45,89	30,62	23,83	32,2	-	23,15	-	20,3	-	-	-	-	17,95	-	-	-	-	-
FDM	-	93,92	65,5	45,47	39,34	-	24,38	26,95	-	19,8	20,1	-	-	-	21,3	-	-	-	-	-
FV	71,57	77,97	53,58	42,53	32,34	-	-	30,32	-	26,7	29,67	-	-	19,98	-	17,83	-	17,06	-	-
HBF	60,67	-	29,83	-	25,01	-	22,52	22,77	-	18,3	18,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN	40,09	77,55	68,46	50,86	40,95	-	35,86	32,97	-	34,7	26,39	-	-	-	-	-	28,93	-	-	-
LGP	91,24	77,49	32,81	30,51	25,39	-	-	20,1	-	16,0	21,45	16,47	-	-	-	-	-	-	-	-
WJB	47,94	37,18	42,3	36,57	31,16	-	-	25,33	25,56	21,1	20,04	-	-	29,08	-	-	-	-	-	-
MRC	-	30,09	29,53	73,89	21,45	14,2	-	9,87	-	13,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Voluntário: volun; Watts: W; deitado: deit; sentado: sent.

TABELA 28A: Valores do índice de variabilidade da frequência cardíaca (RMSSD) dos voluntários do grupo jovem na condição de repouso e exercício físico (protocolo I):

Volun	Deit.	Sent.	25W	35W	45W	40W	50W	55W	60W	65W	75W	70W	80W	85W	90W	95W	100W	105W	110W	115W
AJCL	63,3	80,79	60,59	43,85	36,66	-	-	27,14	-	19,22	18,10	11,76	7,284	5,77	-	-	-	-	-	-
DB	-	59,66	36,77	33,66	26,97	-	-	21,17	-	18,11	11,77	-	-	11,07	-	-	-	6,60	4,41	4,93
EFM	109,2	62,64	25,63	16,74	13,19	17,81	-	14,77	-	9,51	-	-	-	-	6,49	-	-	-	-	-
FDM	-	32,8	74,22	23,97	20,79	-	24,37	11,79	-	5,92	5,81	-	-	-	5,59	-	-	-	-	-
FV	67,66	49,48	31,48	26,03	22,19	-	-	21,47	-	20,86	18,21	-	-	13,89	-	11,59	80,61	8,53	-	-
HBf	48,63	-	21,38	-	14,99	-	13,04	11,83	-	9,6	6,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN	28,06	62,39	50,59	32,12	23,18	-	23,07	21,4	-	20,34	14,49	-	-	-	-	-	21,99	-	-	-
LGP	52,17	34,16	14,27	17,87	9,67	-	-	8,1	-	5,69	3,8	4,59	-	-	-	-	-	-	-	-
WJB	32,34	21,84	34,76	28,68	18,89	-	-	12,5	10,23	9,56	8,7	-	-	9,08	-	-	-	-	-	-
MRC	-	22,16	31,36	101,5	25,27	9,825	-	6,62	-	5,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Voluntário: volun; Watts: W; deitado: deit; sentado: sent.

TABELA 29A: Valores do índice de variabilidade da frequência cardíaca (RMSM) dos voluntários do grupo de meia-idade na condição de repouso e exercício físico (protocolo I):

Volun	Deit.	Sent.	25W	35W	45W	50W	55W	60W	65W	75W	70W	80W	85W	90W	95W	100W
AC	91,01	70,66	31,39	25,4	24,67	-	21,29	16,64	19,56	-	-	15,16	-	-	-	-
ACC	41,97	110,28	33,01	29,97	21,54	21,96	25,37	-	16,52	-	-	-	-	-	-	-
ADS	50,66	61,7	32,76	31,81	32,03	24,06	24,33	-	25,15	-	-	-	-	-	-	-
CAC	50,23	57,67	60,02	40,25	34,43	36,59	31,43	-	25,41	-	-	-	-	-	-	28,38
CRB	38,44	43,97	29,255	34,95	24,3	-	21,37	29,02	22,82	21,64	15,77	-	-	-	-	-
JAC	41,12	43,97	32,99	29,83	24,71	-	22,17	-	21,11	28,11	-	-	25,78	17,86	17,92	19,45
JWME	38,61	63,96	24,21	23,48	22,05	26,45	20,48	25,36	19,01	-	20,45	-	-	-	-	-
MABC	-	45,76	38,86	35,73	32,79	21,83	24,76	-	18,01	20,96	-	-	-	-	-	-
MAF	49,86	95,95	59,77	59,8	43,63	-	34,1	35,72	32,88	26,41	-	-	17,96	-	-	-
MR	39,98	40,23	36,66	21,72	19,24	16,76	14,22	15,76	19,56	-	-	-	-	-	-	-
PCB	-	91,33	46,02	37,54	39,99	-	30,42	31,73	21,78	21,6	-	-	-	-	-	-

Voluntário: volun; Watts: W; deitado: deit; sentado: sent.

TABELA 30A: Valores do índice de variabilidade da frequência cardíaca (RMSSD) dos voluntários do grupo de meia-idade na condição de repouso e exercício físico (protocolo I):

volunt	Deit.	Sent.	25W	35W	45W	50W	55W	60W	65W	75W	70W	80W	85W	90W	95W	100W
AC	59,76	38,38	11,43	8,81	15,03	-	4,7	3,61	19,7	-	-	2,01	-	-	-	-
ACC	26,57	83,21	16,36	12,79	10,48	10,45	16,4	-	7,01	-	-	-	-	-	-	-
ADS	25,41	21,11	16,08	13,63	14,06	10,89	9,11	-	6,76	-	-	-	-	-	-	-
CAC	39,47	44,75	25,11	19,31	17,86	19,65	15,28	-	11,17	-	-	-	-	-	-	29,1
CRB	27,38	25,26	22,43	18,71	12,33	-	10,39	9,07	8,68	4,06	5,36	-	-	-	-	-
JAC	27,18	28,78	17,11	11,51	10,5	-	10,95	-	8,56	9,81	-	-	7,18	3,96	3,97	3,13
JWME	21,53	27,04	12,35	10,85	11,51	26,23	8,32	25,01	15,01	-	11,07	-	-	-	-	-
MABC	-	17,66	15,8	14,12	11,86	18,68	16,76	-	9,13	7,66	-	-	-	-	-	-
MAF	32,93	45,38	33,44	32,39	23,2	-	25,43	24,82	24,21	11,03	-	-	4,36	-	-	-
MR	41,04	26,75	42,07	12,58	8,9	8,11	6,02	4,49	3,79	-	-	-	-	-	-	-
PCB	-	65,58	29,87	24,6	25,22	-	19,07	20,75	15,81	14,05	-	-	-	-	-	-

Voluntário: volun; Watts: W; deitado: deit; sentado: sent.

TABELA 31A: Valores absolutos das áreas espectrais de total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF), do grupo de meia-idade (N=5) durante o repouso e durante as potências do testes de esforço físico dinâmico (protocolo I)

Voluntário ADS					Voluntário ACC				Voluntário CAC				Voluntário MAF				Voluntário MABC			
	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF
deit	0,509	0,228	0,262	0,019	0,507	0,309	0,17	0,021	0,396	0,197	0,142	0,057	0,475	0,235	0,217	0,024	0,465	0,343	0,109	0,013
sent	-	-	-	-	0,504	0,129	0,33	0,045	0,449	0,17	0,226	0,045	0,531	0,324	0,195	0,013	0,501	0,373	0,12	0,008
25W	0,698	0,162	0,479	0,057	0,644	0,077	0,521	0,046	0,595	0,41	0,16	0,025	0,647	0,154	0,464	0,029	0,638	0,351	0,255	0,032
35W	0,748	0,2	0,491	0,057	0,691	0,238	0,421	0,031	0,627	0,299	0,298	0,03	0,698	0,135	0,512	0,05	0,64	0,461	0,158	0,022
45W	0,738	0,182	0,508	0,049	0,707	0,279	0,398	0,03	0,652	0,236	0,359	0,056	0,75	0,08	0,621	0,049	0,7	0,318	0,354	0,028
50W	0,785	0,302	0,247	0,05	0,718	0,167	0,516	0,035	0,682	0,338	0,319	0,025	-	-	-	-	0,701	0,259	0,376	0,067
55W	0,803	0,386	0,377	0,04	0,762	0,214	0,504	0,045	0,644	0,339	0,163	0,141	0,815	0,208	0,498	0,109	0,719	0,251	0,214	0,025
60W	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,886	0,148	0,589	0,149	-	-	-	-
65W	0,932	0,567	0,316	0,048	0,785	0,22	0,528	0,037	0,741	0,373	0,274	0,093	0,871	0,131	0,643	0,097	0,735	0,132	0,564	0,038
75W	0,993	0,543	0,299	0,045	0,728	0,202	0,425	0,101	0,786	0,377	0,224	0,089	0,957	0,602	0,306	0,05	0,796	0,304	0,442	0,05
100W	-	-	-	-	-	-	-	-	0,933	0,593	0,231	0,109	-	-	-	-	-	-	-	-

Baixa frequência: BF; Média frequência: MF; Alta frequência: AF; Watts: W; deitado: deit; sentado: sent.

TABELA 32A: Valores de mediana, mínimo, máximo, 1º Quartil (Q1), 3º Quartil (Q3) e desvio padrão (DP) referentes aos valores absolutos das áreas espectrais de total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF), do grupo de meia-idade (N=5) durante o repouso e durante as potências do testes de esforço físico dinâmico (protocolo I)

	Mediana				Mínimo				Máximo				1º Quartil				3º Quartil				Desvio Padrão			
	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF
deit	0,475	0,235	0,17	0,021	0,396	0,197	0,109	0,013	0,509	0,343	0,262	0,057	0,465	0,228	0,142	0,019	0,507	0,309	0,217	0,024	0,045	0,609	0,605	0,017
sent	0,502	0,247	0,21	0,029	0,449	0,129	0,12	0,008	0,531	0,373	0,33	0,045	0,475	0,149	0,157	0,01	0,517	0,348	0,278	0,045	0,342	0,117	0,087	0,02
25W	0,644	0,162	0,464	0,032	0,595	0,077	0,16	0,025	0,698	0,41	0,521	0,057	0,638	0,154	0,255	0,029	0,647	0,351	0,479	0,046	0,036	0,142	0,158	0,013
35W	0,691	0,238	0,421	0,031	0,627	0,135	0,158	0,022	0,748	0,461	0,512	0,057	0,64	0,2	0,298	0,03	0,698	0,299	0,491	0,05	0,048	0,123	0,147	0,014
45W	0,707	0,236	0,398	0,049	0,652	0,08	0,354	0,028	0,75	0,318	0,621	0,056	0,7	0,182	0,359	0,03	0,738	0,279	0,508	0,049	0,038	0,092	0,114	0,012
50W	0,709	0,28	0,347	0,051	0,682	0,167	0,247	0,025	0,785	0,338	0,516	0,237	0,691	0,213	0,283	0,03	0,751	0,32	0,446	0,152	0,044	0,073	0,113	0,098
55W	0,762	0,251	0,377	0,109	0,644	0,208	0,163	0,04	0,815	0,386	0,504	0,254	0,719	0,214	0,214	0,045	0,803	0,339	0,498	0,141	0,069	0,079	0,157	0,087
65W	0,785	0,22	0,528	0,048	0,735	0,131	0,274	0,037	0,932	0,567	0,643	0,097	0,741	0,132	0,316	0,038	0,871	0,373	0,564	0,093	0,085	0,186	0,161	0,029
75W	0,796	-	0,304	0,05	0,728	-	0,202	0,05	0,957	-	0,602	0,101	0,728	-	0,202	0,05	0,957	-	0,602	0,101	0,117	-	0,207	0,029

Baixa frequência: BF; Média frequência: MF; Alta frequência: AF; Watts: W; deitado: deit; sentado: sent.

TABELA 33A: Valores absolutos das áreas espectrais de total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF), de alta frequência (AF), durante o repouso e durante o grupo jovem (N=5) nas potências do testes de esforço físico dinâmico (protocolo I)

Voluntário EFM					Voluntário FDM				Voluntário HBF				Voluntário MAN				Voluntário WJBS			
	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF
deit	0,464	0,134	0,26	0,07	0,393	0,199	0,13	0,064	0,588	0,197	0,233	0,16	0,47	0,203	0,18	0,086	0,467	0,236	0,197	0,034
sent	0,535	0,146	0,346	0,043	0,509	0,401	0,097	0,011	0,598	0,228	0,243	0,11	0,475	0,226	0,203	0,047	0,545	0,254	0,244	0,046
25W	0,716	0,355	0,268	0,093	0,609	0,167	0,391	0,051	0,707	0,14	0,394	0,173	0,627	0,126	0,435	0,056	-	-	-	-
35W	0,791	0,347	0,37	0,075	0,634	0,104	0,495	0,035	0,791	0,347	0,37	0,075	0,672	0,199	0,415	0,056	-	-	-	-
45W	0,808	0,303	0,39	0,115	0,7	0,111	0,559	0,03	0,764	0,27	0,37	0,116	0,702	0,096	0,543	0,063	0,752	0,362	0,302	0,086
50W	-	-	-	-	0,774	0,321	0,421	0,032	0,85	0,211	0,51	0,129	0,731	0,132	0,5	0,098	0,779	-	-	-
55W	0,809	0,32	0,399	0,132	0,769	0,33	0,395	0,044	0,812	0,421	0,315	0,076	0,714	0,116	0,519	0,08	0,842	0,221	0,423	0,134
65W	0,947	0,344	0,477	0,127	0,855	0,341	0,475	0,039	0,924	0,459	0,375	0,09	0,87	0,244	0,459	0,08	0,959	0,494	0,269	0,079
75W	1,041	0,687	0,207	0,147	0,935	0,452	0,45	0,032	0,995	0,501	0,446	0,049	0,955	0,153	0,541	0,176	1,035	0,379	0,425	0,094
90W	-	-	-	-	0,991	0,642	0,279	0,071	-	-	-	-	-	0,234	0,627	0,094	1,053	0,687	0,172	0,1

Baixa frequência: BF; Média frequência: MF; Alta frequência: AF; Watts: W; deitado: deit; sentado: sent.

TABELA 34A: Valores de mediana, mínimo, máximo, 1º Quartil (Q1), 3º Quartil (Q3) e desvio padrão (DP) referentes aos valores absolutos das áreas espectrais de total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF), do grupo jovem (N=5) durante o repouso e durante as potências do testes de esforço físico dinâmico (protocolo I)

	Mediana				Mínimo				Máximo				1º Quartil				3º Quartil				Desvio Padrão			
	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF	AT	BF	MF	AF
deit	0,467	0,199	0,197	0,07	0,393	0,134	0,13	0,034	0,588	0,236	0,26	0,16	0,464	0,197	0,18	0,064	0,47	0,203	0,233	0,086	0,07	0,037	0,049	0,047
sent	0,522	0,24	0,223	0,044	0,475	0,146	0,097	0,011	0,545	0,401	0,346	0,047	0,492	0,186	0,15	0,027	0,54	0,327	0,295	0,046	0,031	0,106	0,103	0,017
25W	0,667	0,153	0,392	0,074	0,609	0,126	0,268	0,051	0,716	0,355	0,435	0,173	0,618	0,133	0,329	0,053	0,711	0,261	0,414	0,133	0,054	0,106	0,072	0,056
35W	0,672	0,199	0,415	0,056	0,634	0,104	0,37	0,035	0,791	0,347	0,495	0,075	0,634	0,104	0,37	0,035	0,791	0,347	0,495	0,075	0,081	0,122	0,063	0,02
45W	0,752	0,27	0,39	0,086	0,7	0,096	0,302	0,03	0,808	0,362	0,559	0,116	0,702	0,111	0,37	0,063	0,764	0,303	0,543	0,115	0,045	0,118	0,112	0,036
55W	0,774	0,275	0,409	0,078	0,714	0,116	0,315	0,044	0,812	0,421	0,519	0,134	0,741	0,168	0,355	0,06	0,795	0,375	0,471	0,107	0,04	0,132	0,084	0,037
65W	0,855	0,344	0,459	0,08	0,784	0,244	0,269	0,039	0,947	0,494	0,477	0,127	0,842	0,341	0,375	0,079	0,924	0,459	0,475	0,09	0,065	0,1	0,089	0,031
75W	0,916	0,415	0,448	0,071	0,87	0,153	0,425	0,032	0,995	0,501	0,541	0,176	0,884	0,266	0,435	0,04	0,965	0,476	0,495	0,135	0,054	0,153	0,051	0,064

Baixa frequência: BF; Média frequência: MF; Alta frequência: AF; Watts: W; deitado: deit; sentado: sent.

TABELA 35A: Valores relativos (%) das áreas espectrais de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%), do grupo jovem (N=5) durante o repouso e durante as potências do testes de esforço físico dinâmico (protocolo I)

Voluntário EFM				Voluntário FDM			Voluntário HBF			Voluntário MAN			Voluntário WJBS		
	BF%	MF%	AF%	BF%	MF%	AF%	BF%	MF%	AF%	BF%	MF%	AF%	BF%	MF%	AF%
deit	28,87	56,14	14,99	50,53	33,16	16,31	33,55	39,28	27,18	43,31	30,42	18,26	50,59	42,08	7,33
sent	27,28	64,71	8,01	78,81	19,02	2,17	34	40	28,7	47,51	42,67	9,82	46,57	44,71	8,72
25W	49,52	37,43	13,05	27,43	64,26	8,3	19,86	55,69	24,44	21,7	69,2	9	-	-	-
35W	43,81	46,69	9,5	16,36	78,12	5,51	24	50,5	20,3	29,62	61,72	8,66	-	-	-
45W	37,48	40,25	14,27	15,92	79,76	4,32	36,4	40,4	15,21	13,73	77,3	8,98	48,1	40,15	11,76
50W	-	-	-	41,5	54,31	4,18	24,81	60	15,19	18,12	68,45	13,43	28,42	54,32	17,26
55W	38	41	13,5	42,88	51,37	5,75	51,91	30,78	9,31	16,19	72,64	11,17	58,65	31,96	9,4
65W	36,26	50,31	13,43	39,85	55,62	4,53	49,65	40,64	9,71	31,18	58,59	10,23	42,22	47,35	10,43
75W	-	-	-	48,36	48,18	3,45	50,32	44,79	4,89	17,61	62,2	20,18	71,6	17,97	10,44
90W	65,94	19,91	14,15	64,74	28,13	7,13	-	-	-	24,46	65,65	9,89	60,87	28,03	11,09

Baixa frequência: BF; Média frequência: MF; Alta frequência: AF; Watts: W; deitado: deit; sentado: sent.

TABELA 36A: Valores relativos (%) das áreas espectrais de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%), do grupo de meia-idade (N=5) durante o repouso e durante as potências do testes de esforço físico dinâmico (protocolo I)

Voluntário ADS				Voluntário ACC			Voluntário CAC			Voluntário MABC			Voluntário MAF		
	BF%	MF%	AF%	BF%	MF%	AF%	BF%	MF%	AF%	BF%	MF%	AF%	BF%	MF%	AF%
deit	44,69	51,48	3,83	60,87	35,06	4,06	49,86	35,76	14,39	49,42	45,62	4,96	49,42	45,62	4,96
sent	-	-	-	25,59	65,44	8,97	39,72	50,19	10,1	60,89	36,7	2,41	60,89	36,7	2,41
25W	23,23	68,63	8,14	11,99	80,91	7,1	68,94	26,87	4,19	23,86	71,74	4,41	23,86	71,74	4,41
35W	26,73	65,65	7,62	34,41	61,04	4,56	47,7	47,52	4,78	19,4	73,39	7,21	19,4	73,39	7,21
45W	24,6	68,79	6,61	39,44	56,32	4,23	36,27	55,12	8,61	10,62	82,83	6,55	10,62	82,83	6,55
50W	38,38	31,45	10,5	23,26	71,93	4,81	49,51	46,76	3,72	25,54	61,05	13,41	25,54	61,05	13,41
55W	48,07	46,96	4,97	28,05	66,07	5,88	52,74	25,35	21,92	16,66	66,53	16,81	16,66	66,53	16,81
65W	60,88	33,92	5,2	28,04	67,24	4,72	50,36	37,03	12,61	15,06	73,79	11,15	15,06	73,79	11,15
75W	-	-	-	27,72	58,37	13,91	-	-	-	62,87	31,93	5,2	62,87	31,93	5,2
100W	-	-	-	-	-	-	63,58	24,78	11,64	-	-	-	-	-	-

Baixa frequência: BF; Média frequência: MF; Alta frequência: AF; Watts: W; deitado: deit; sentado: sent.

APÊNDICE V

FIGURAS

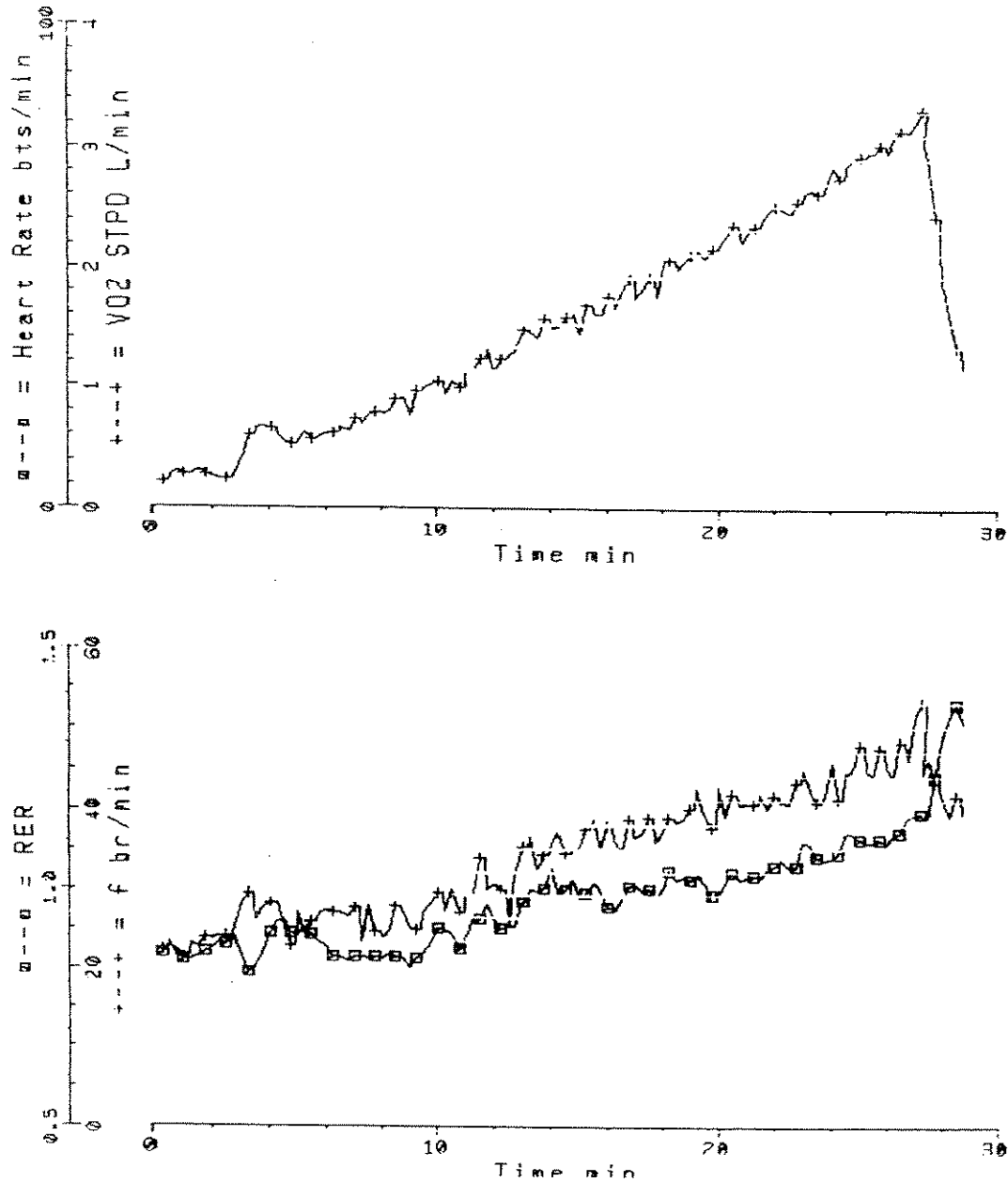


FIGURA 1A: Variáveis ventilatórias ($\dot{V}O_2$ e RER) obtidas durante a realização do teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo (rampa) de um dos voluntários estudados (DB).

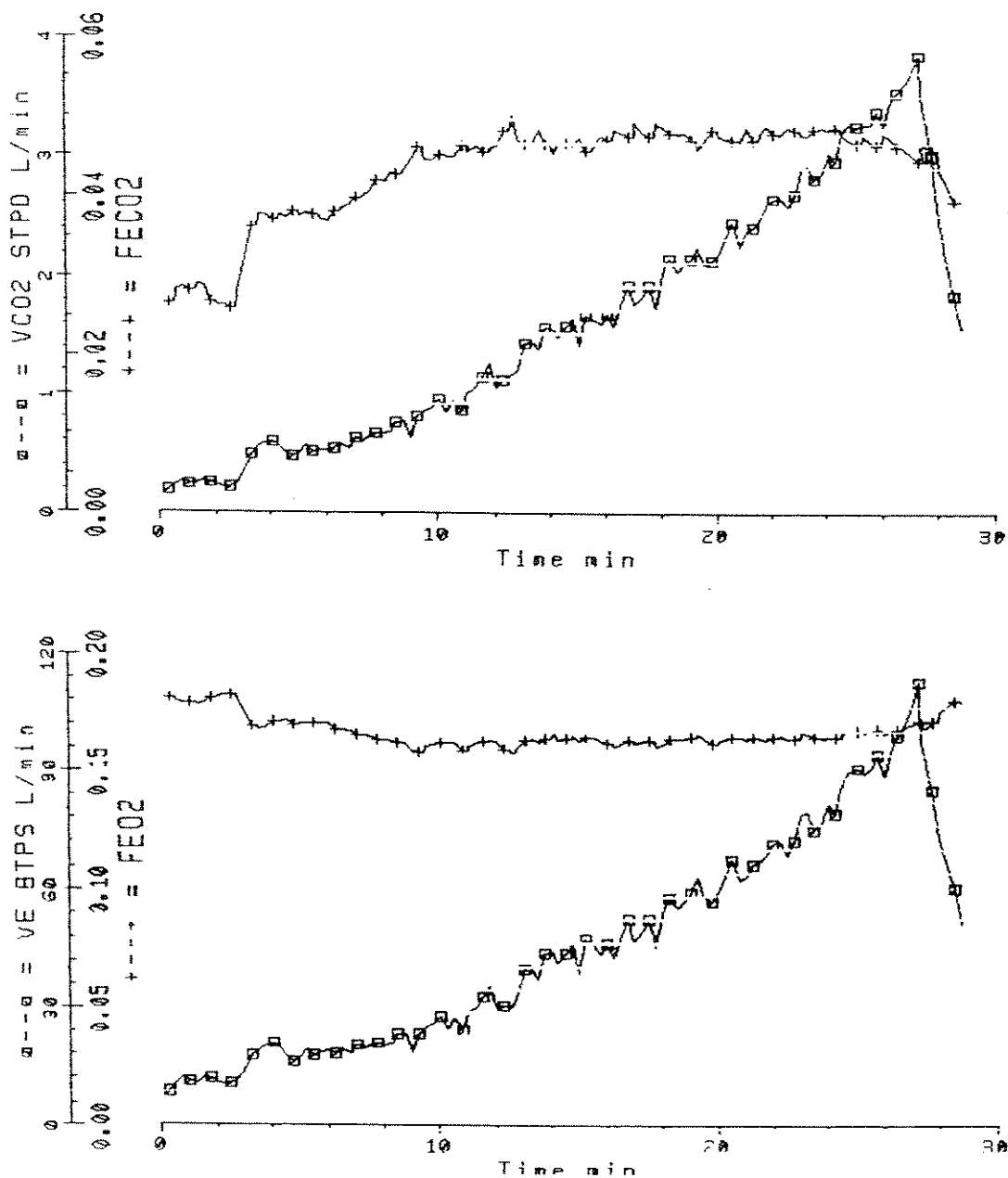


FIGURA 2A: Variáveis ventilatórias (VCO_2 e VE) obtidas durante a realização do teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo (rampa) de um dos voluntários (DB).

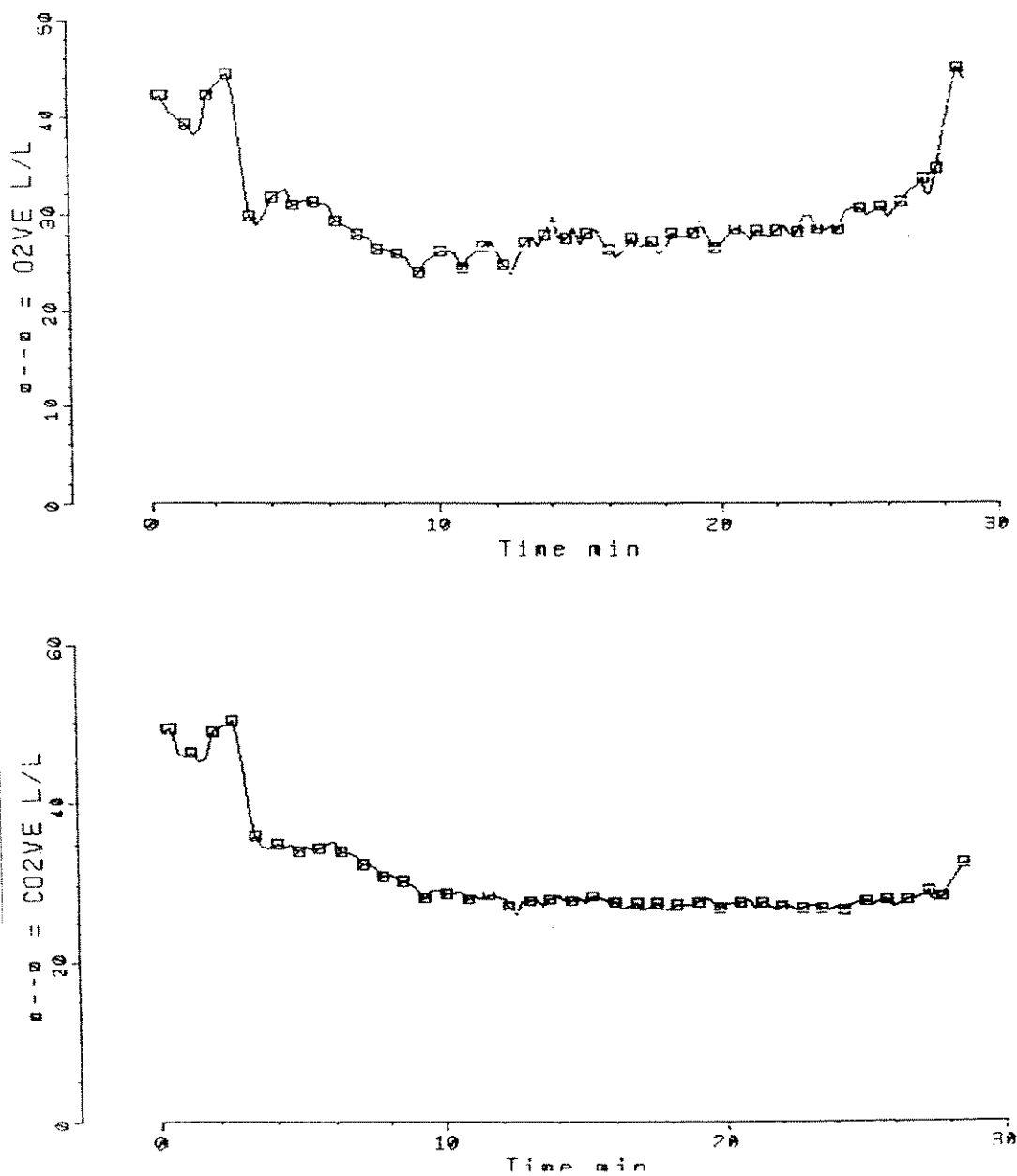


FIGURA 3A: Variáveis ventilatórias (O_2 VE e CO_2 VE) obtidas durante a realização do teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo (rampa) de um dos voluntários (DB).

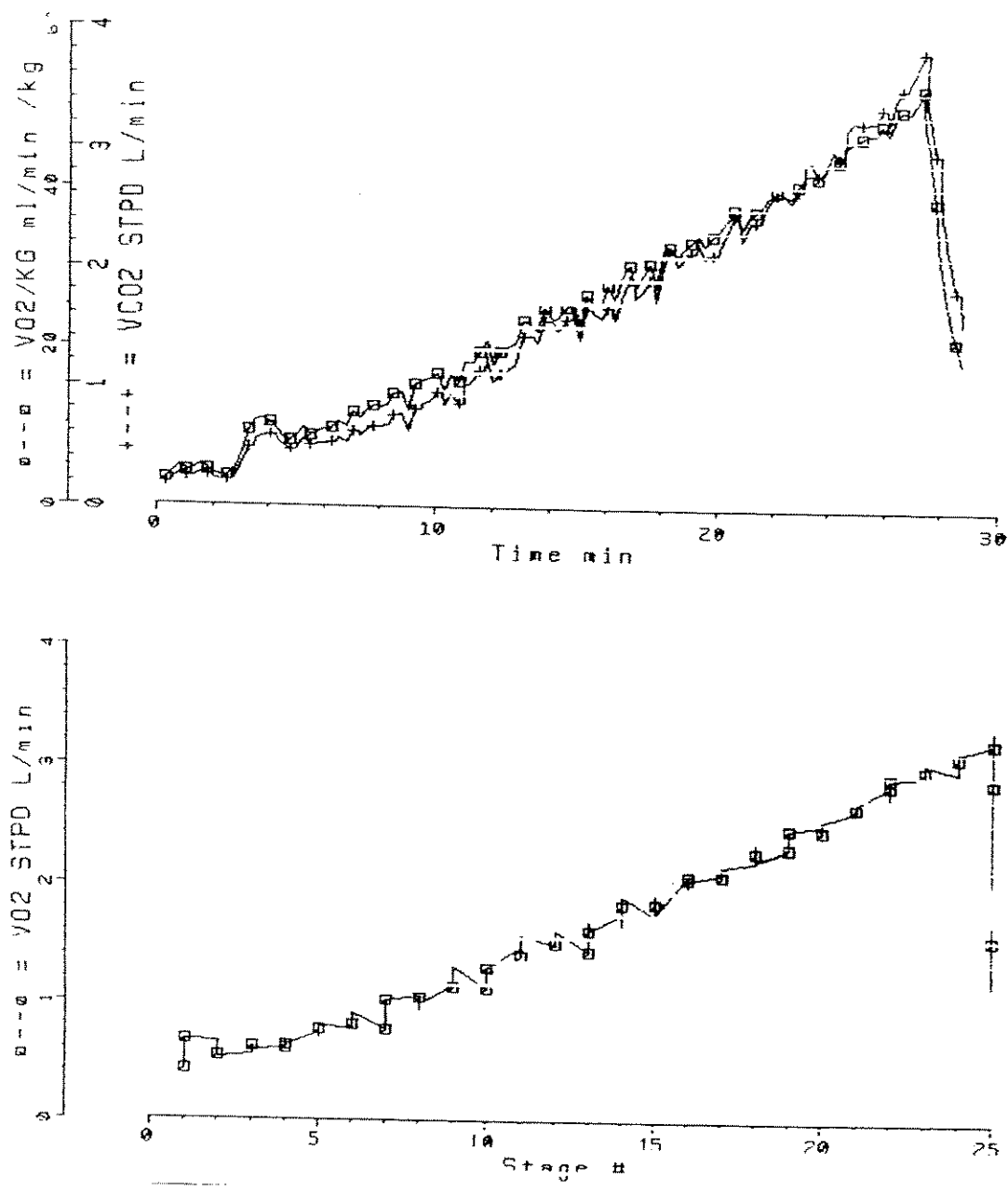


FIGURA 4A: Variáveis ventilatórias (VO_2 /KGml/min/Kg e VO_2 STPD) obtidas durante a realização do teste de esforço físico (TEFD) dinâmico contínuo (rampa) de um dos voluntários (DB).

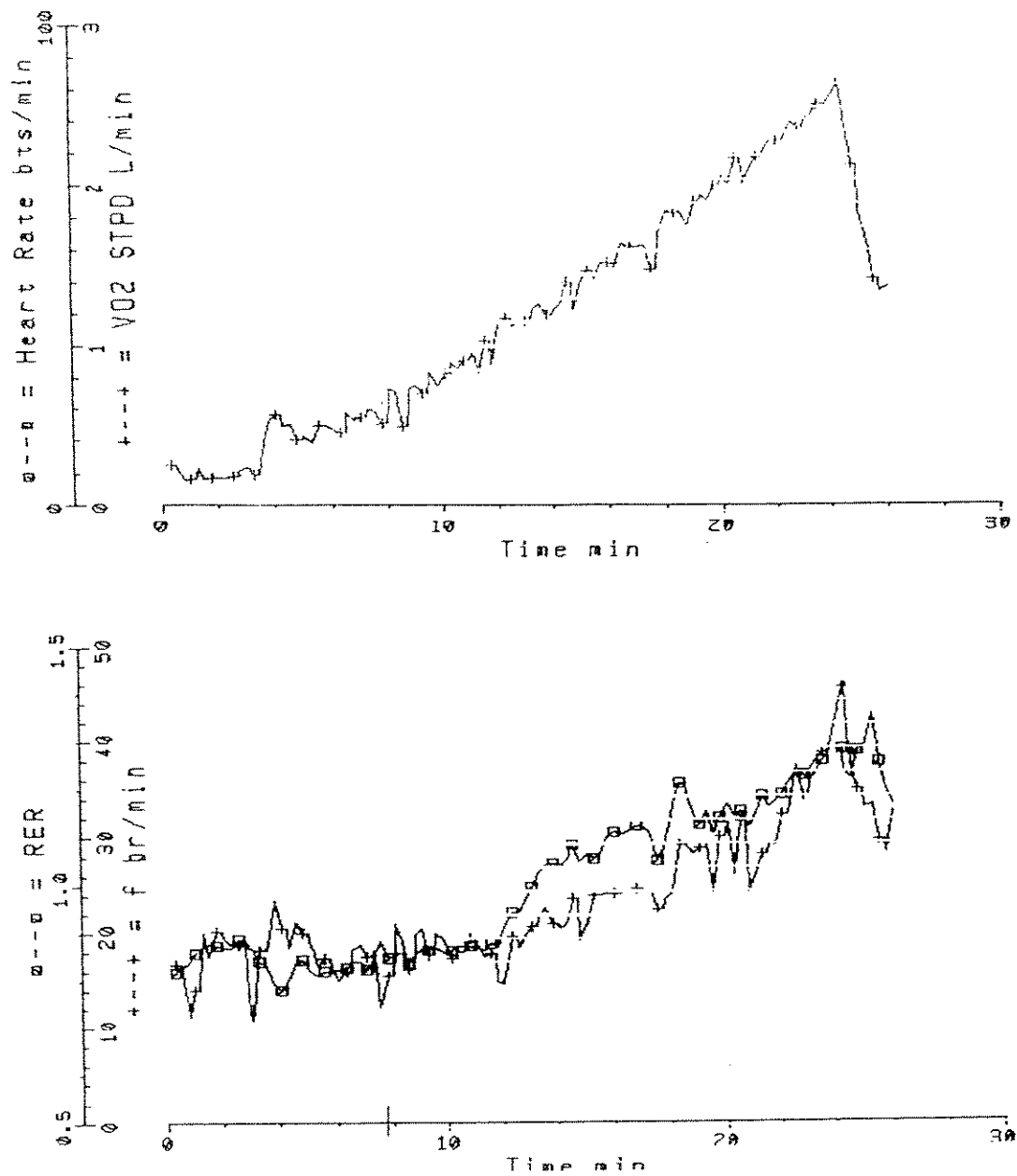


FIGURA 5A: Variáveis ventilatórias (VO_2 e RER) obtidas durante a realização do teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo (rampa) de um dos voluntários (WJBS).

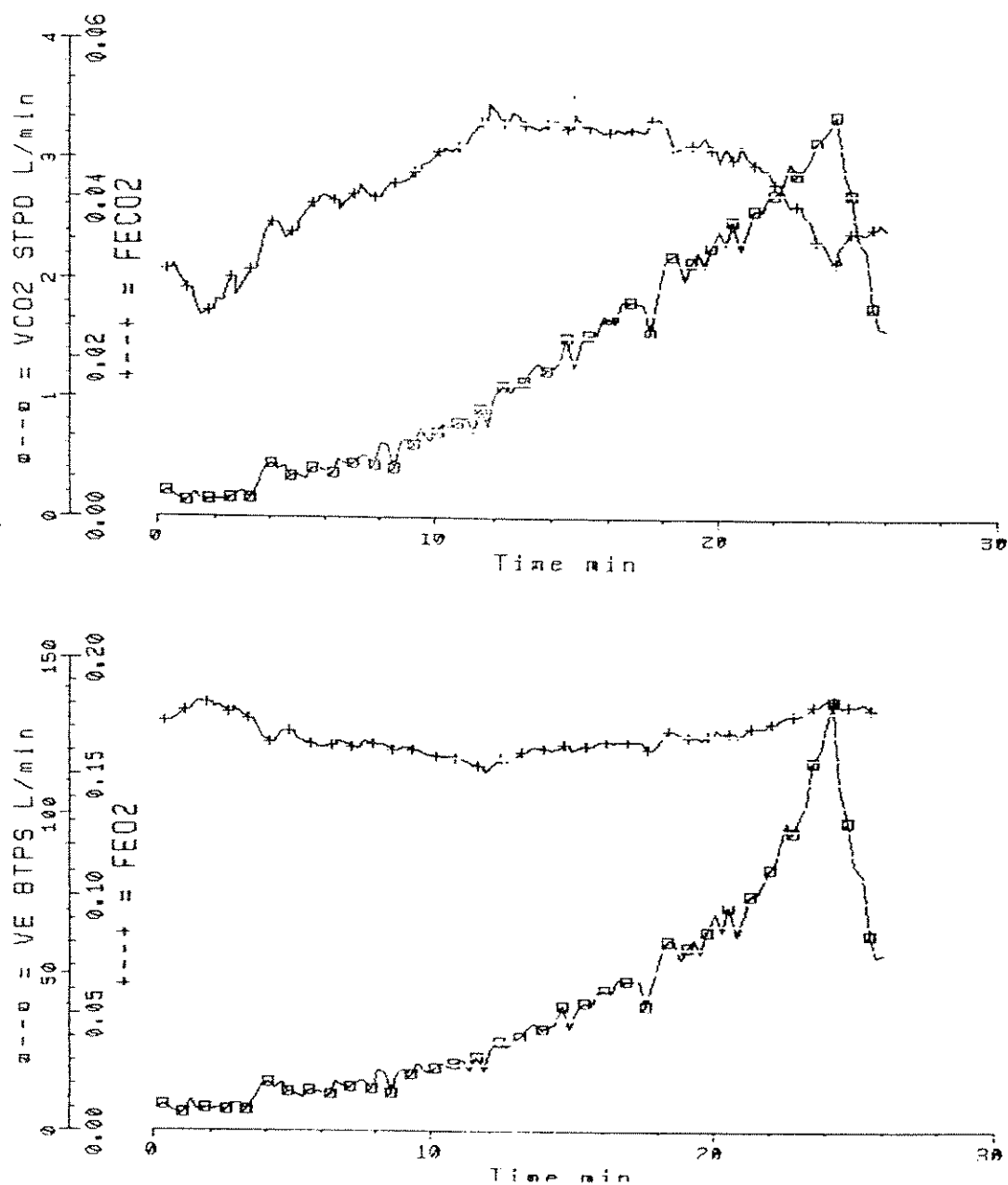


FIGURA 6A: Variáveis ventilatórias ($\dot{V}CO_2$ e $\dot{V}E$) obtidas durante a realização do teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo (rampa) de um dos voluntários (WJBS).

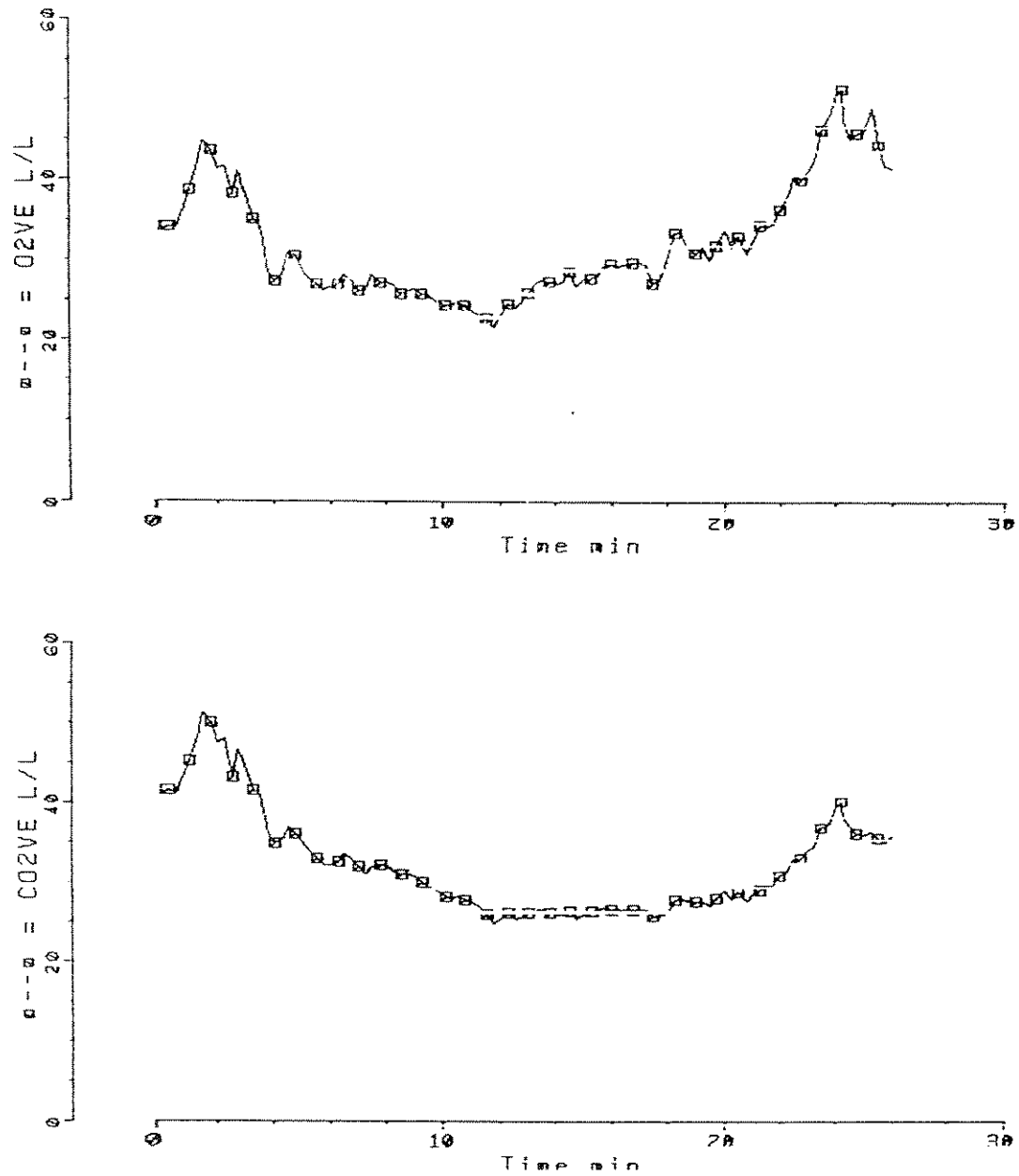


FIGURA 7A: Variáveis ventilatórias ($\dot{V}_{O_2}$ VE e $\dot{V}_{CO_2}$ VE) obtidas durante a realização do teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo (rampa) de um dos voluntários (WJBS).

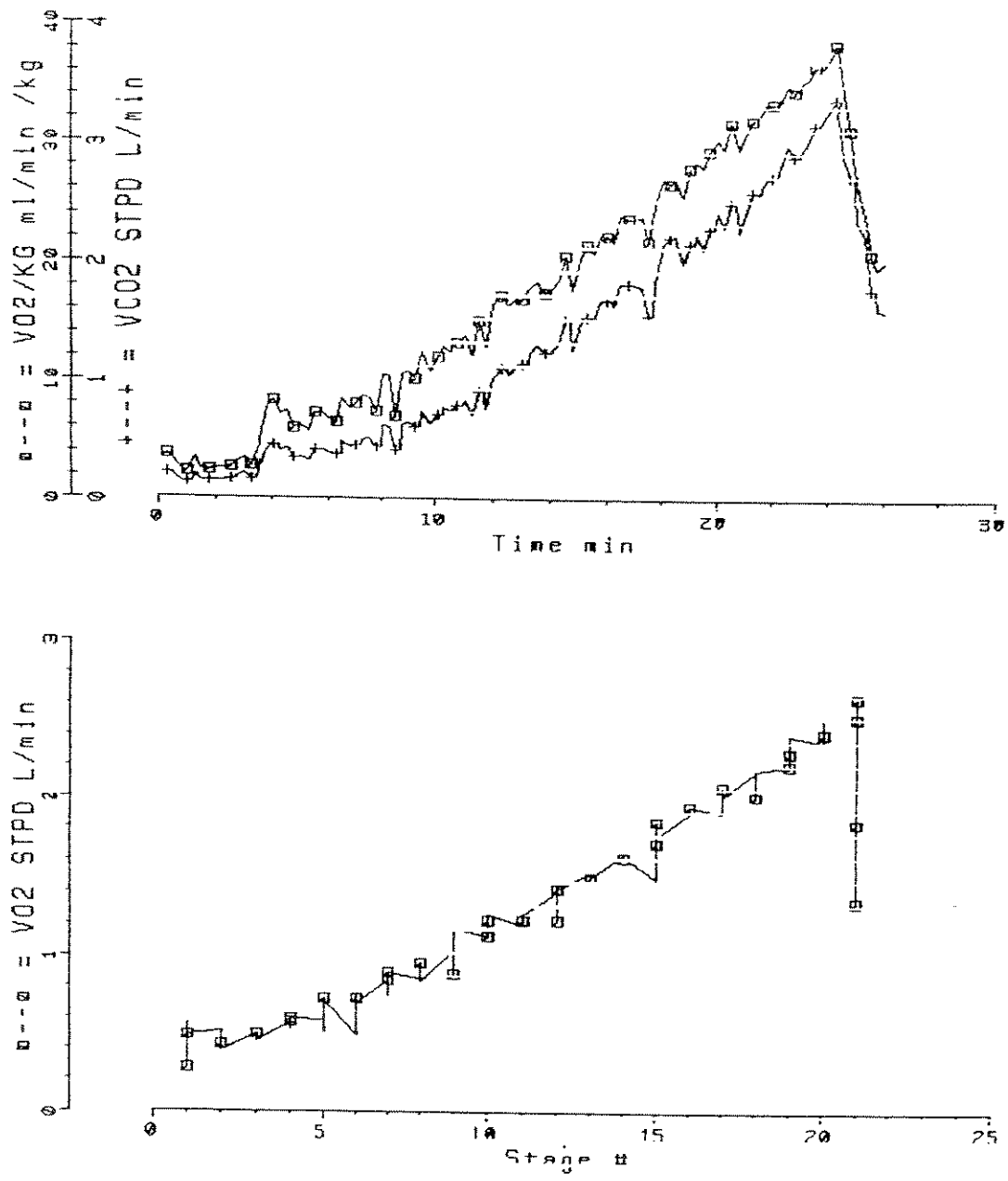


FIGURA 8A: Variáveis ventilatórias (VO_2 /KGml/min/Kg e VO_2 STPD) obtidas durante a realização do teste de esforço físico dinâmico (TEFD) contínuo (rampa) de um dos voluntários estudados (WJBS).

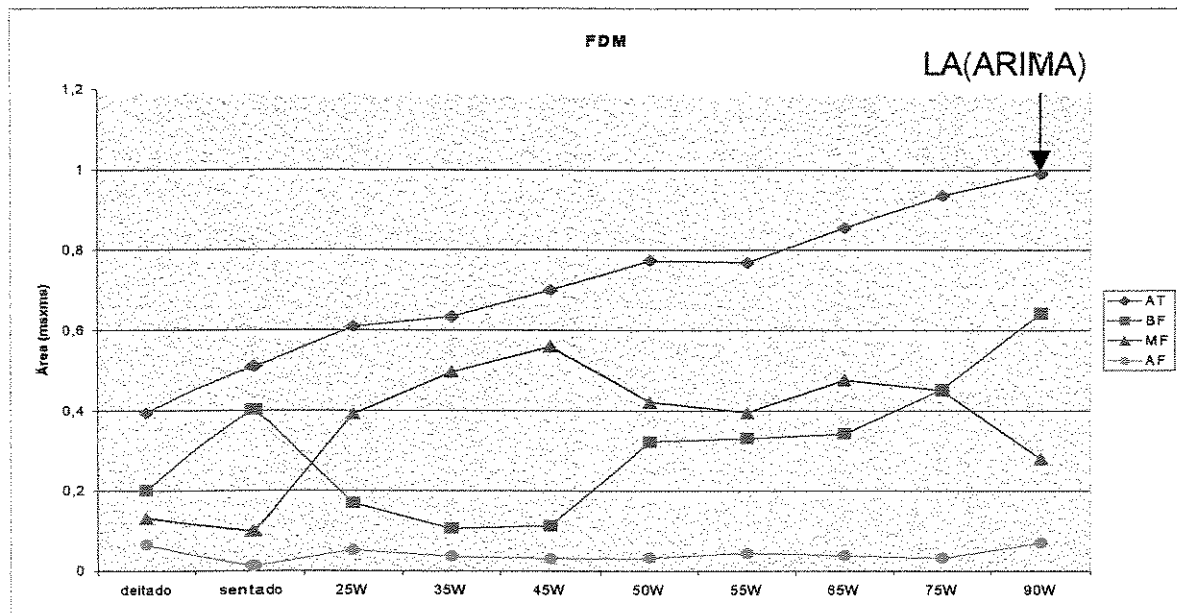


FIGURA 9A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (FDM).

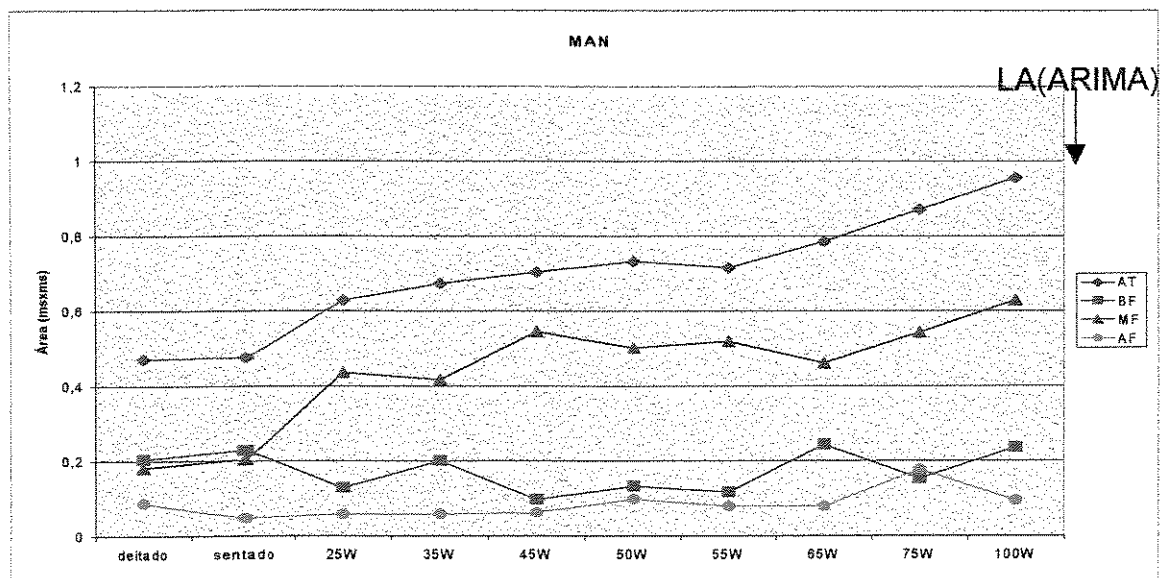


FIGURA 10A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (MAN).

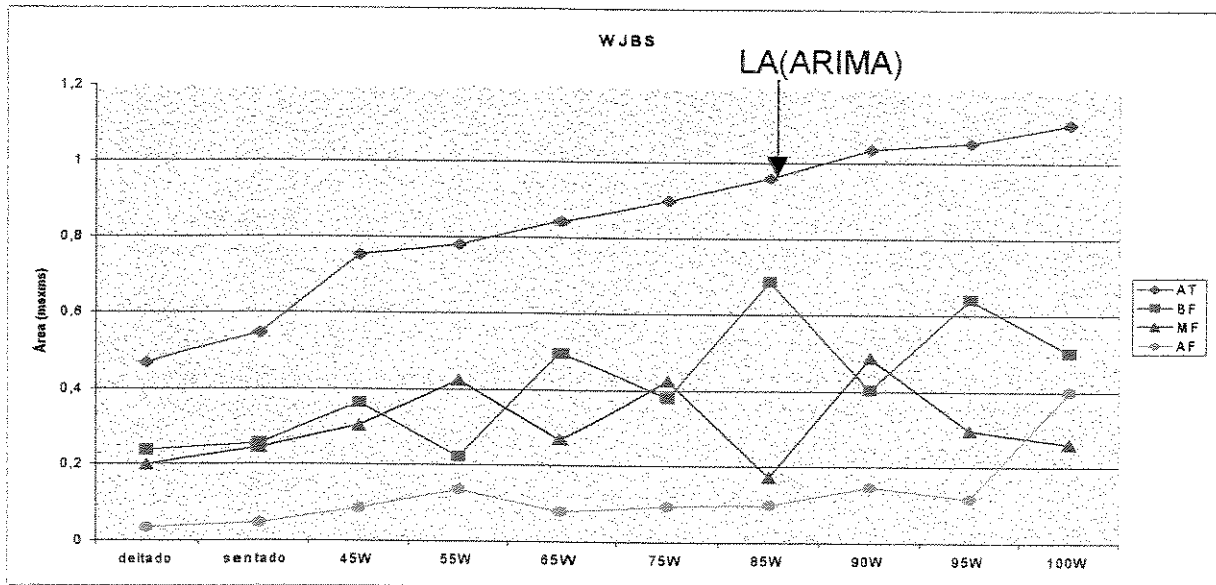


FIGURA 11A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (WJBS).

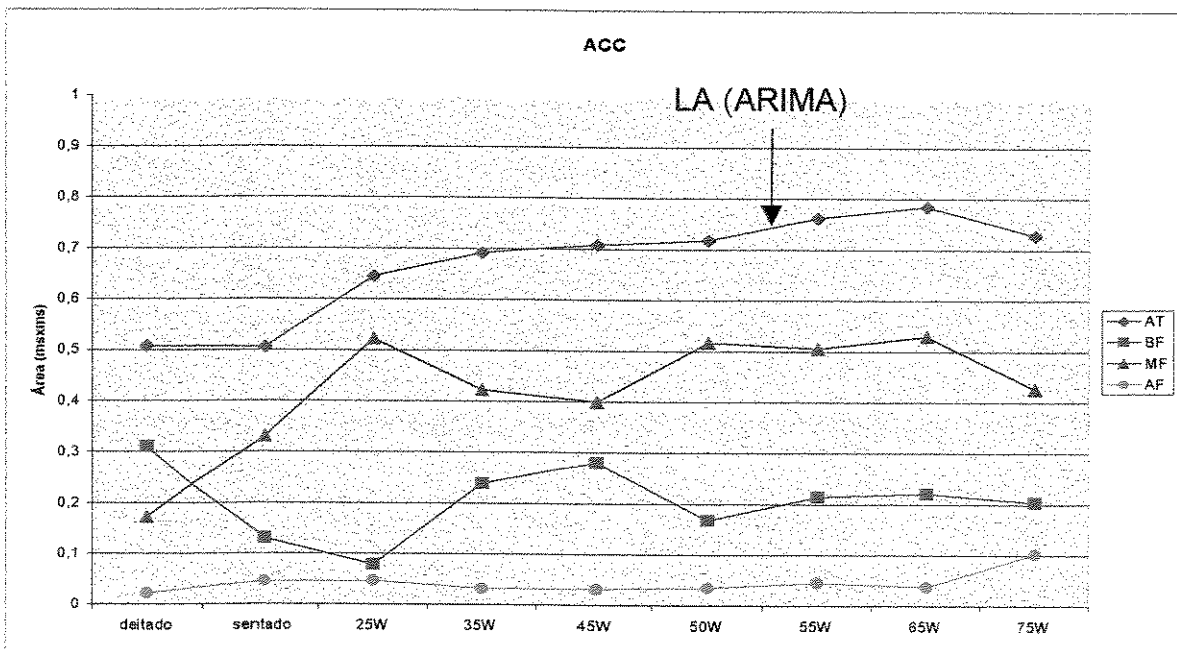


FIGURA 12A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo de meia-idade (ACC).

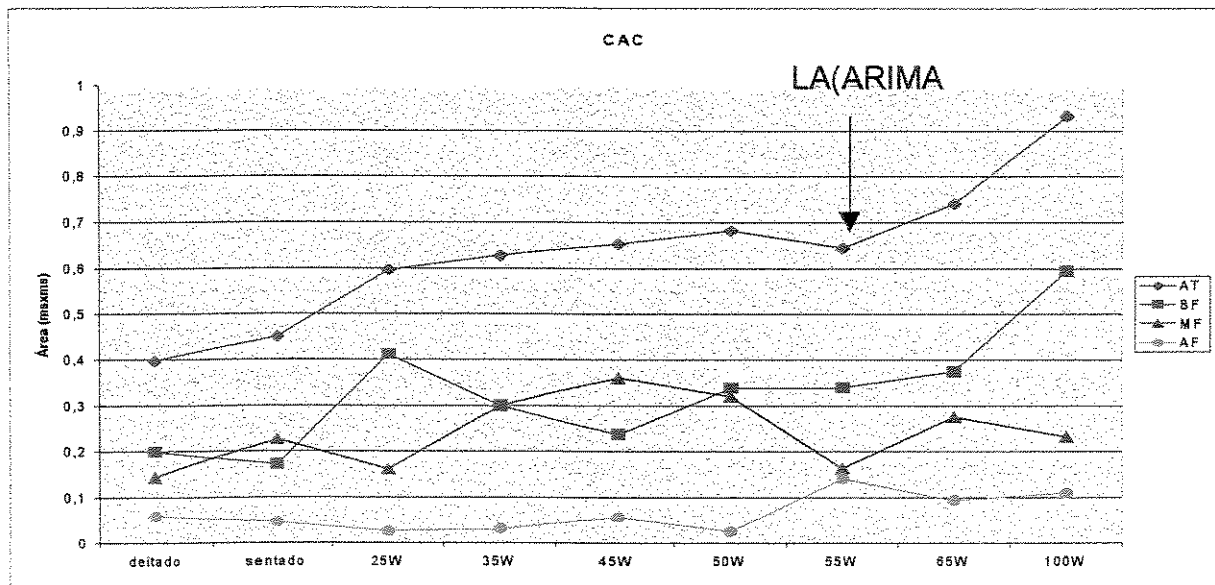


FIGURA 13A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas através dos intervalos IRR de um voluntário do grupo de meia-idade (CAC).

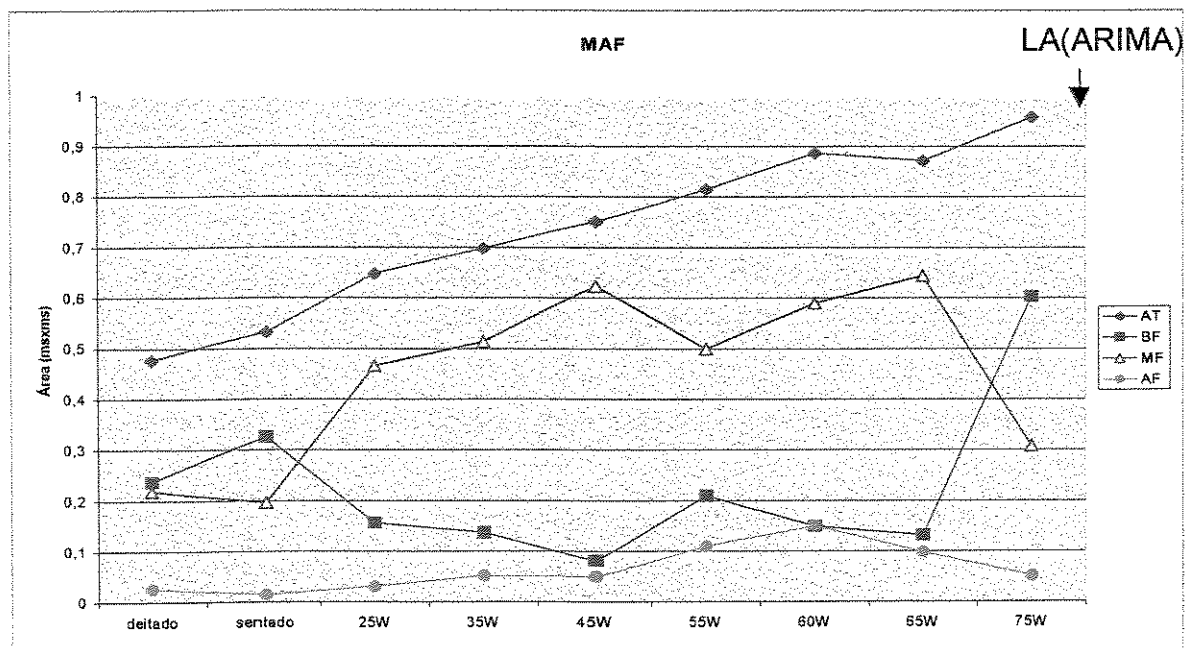


FIGURA 14A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo de meia-idade (MAF).

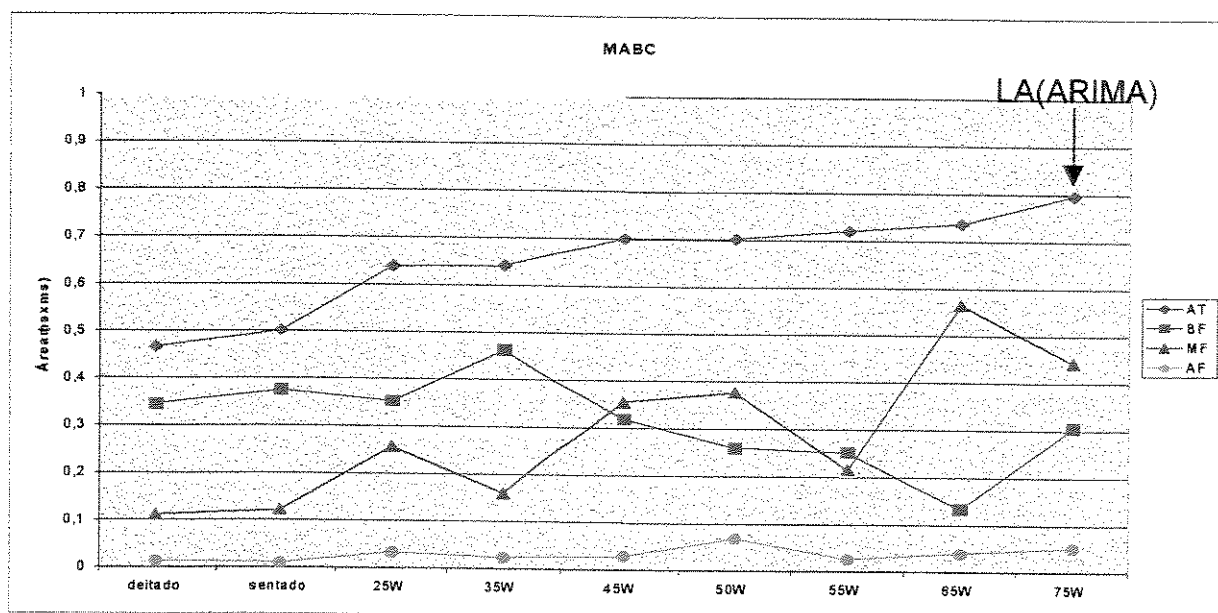


FIGURA 15A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas através dos intervalos IRR de um voluntário do grupo de meia-idade (MABC).

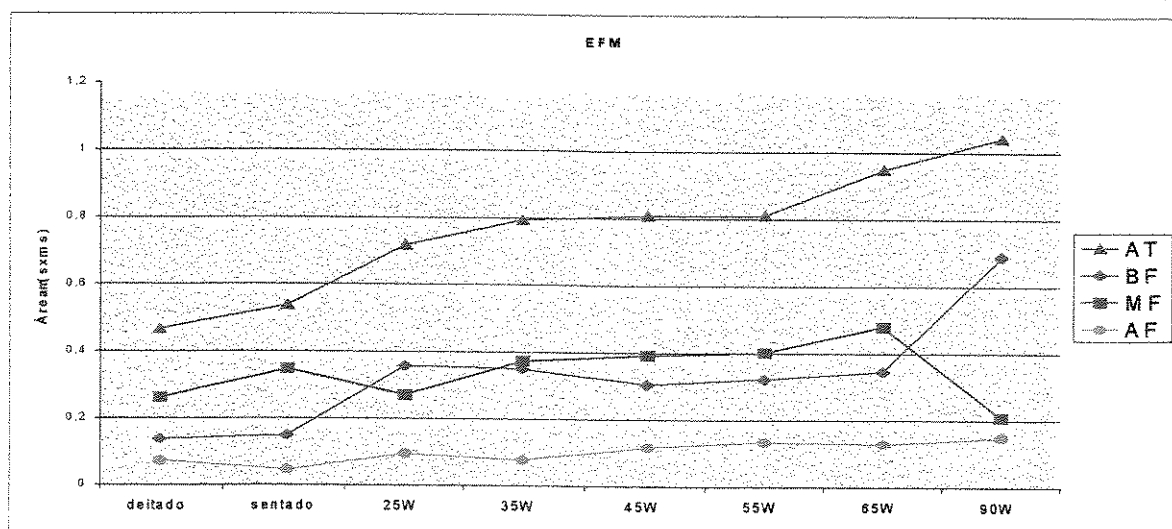


FIGURA 16A: Valores das áreas espectrais: total (AT), de baixa frequência (BF), de média frequência (MF) e de alta frequência (AF) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (EFM).

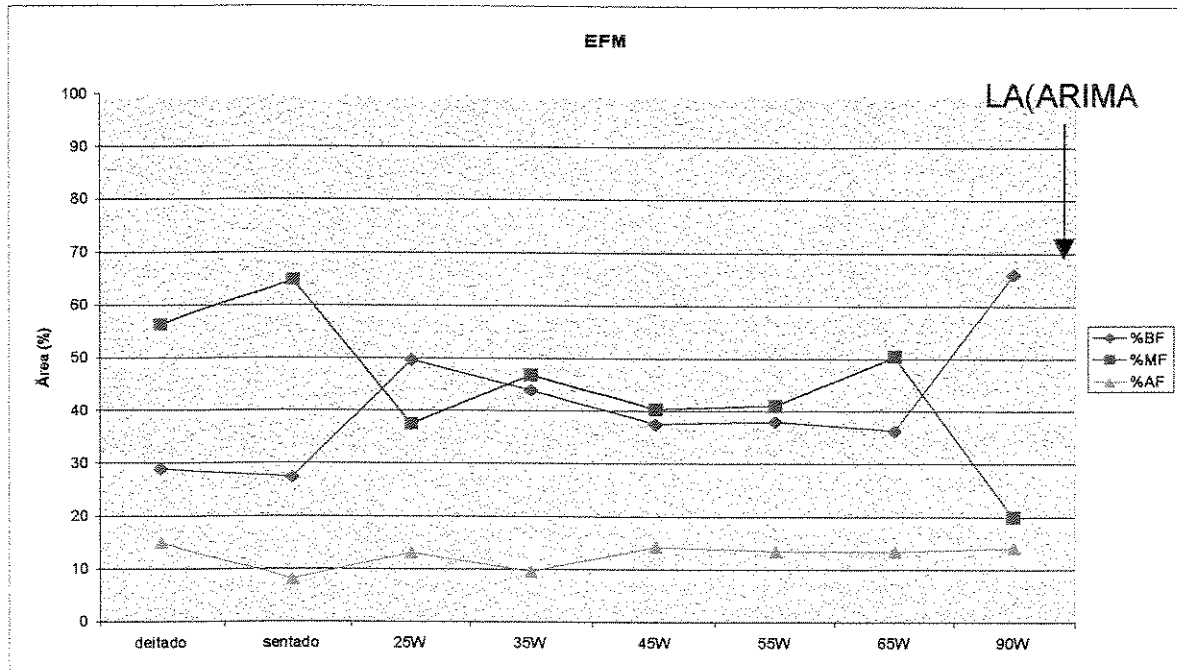


FIGURA 17A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (EFM).

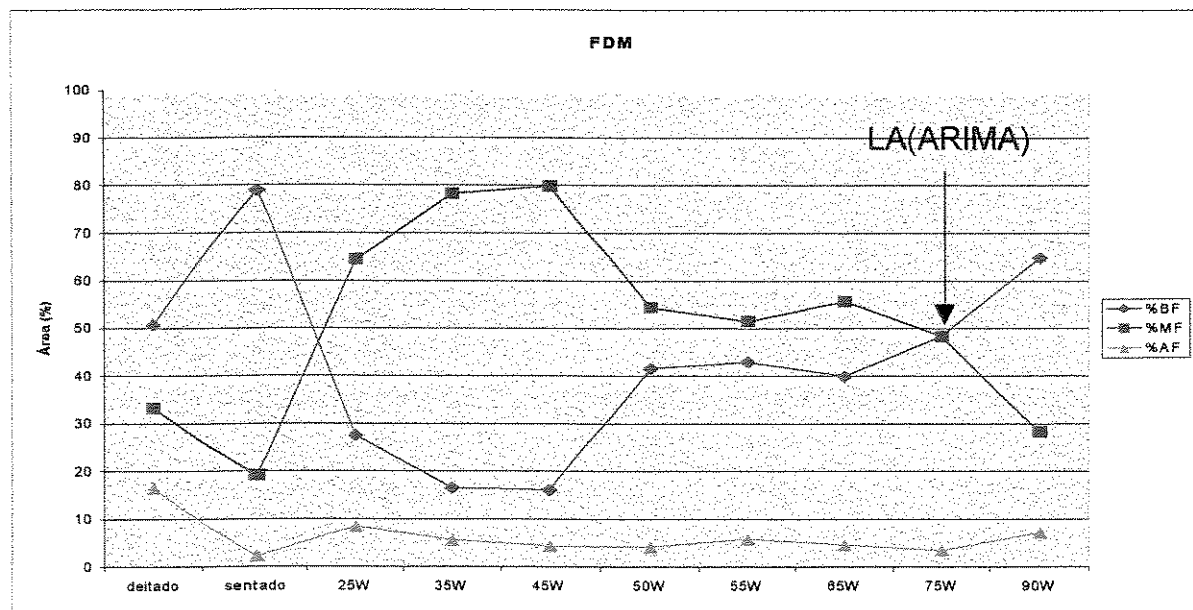


FIGURA 18A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (FDM).

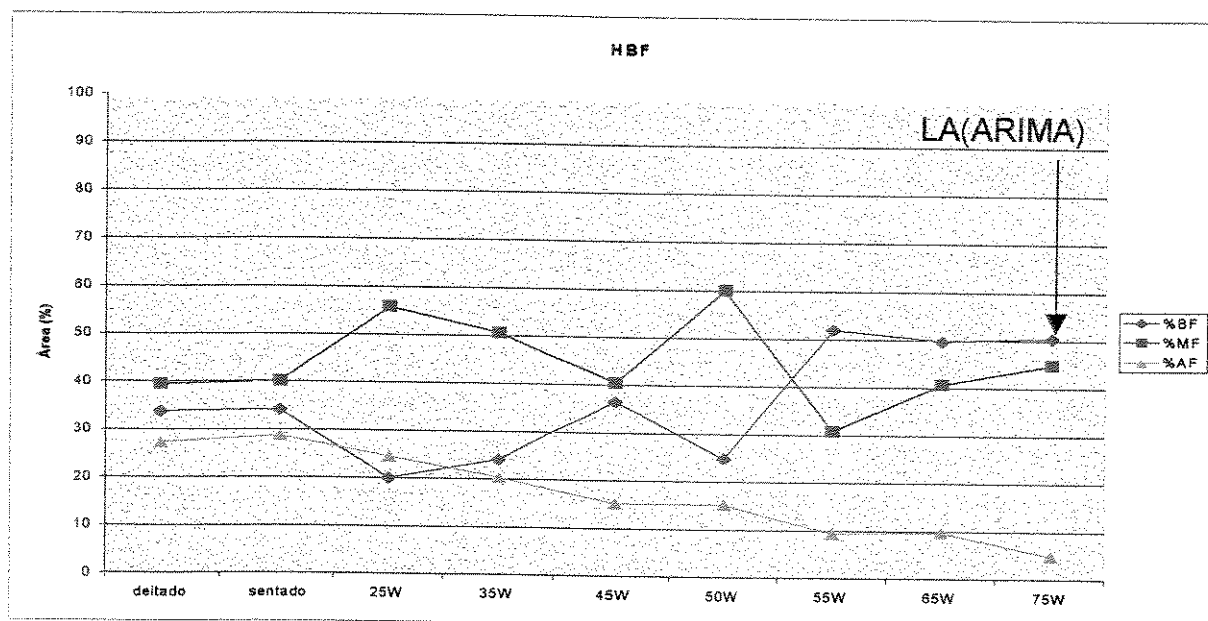


FIGURA 19A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (HBF).

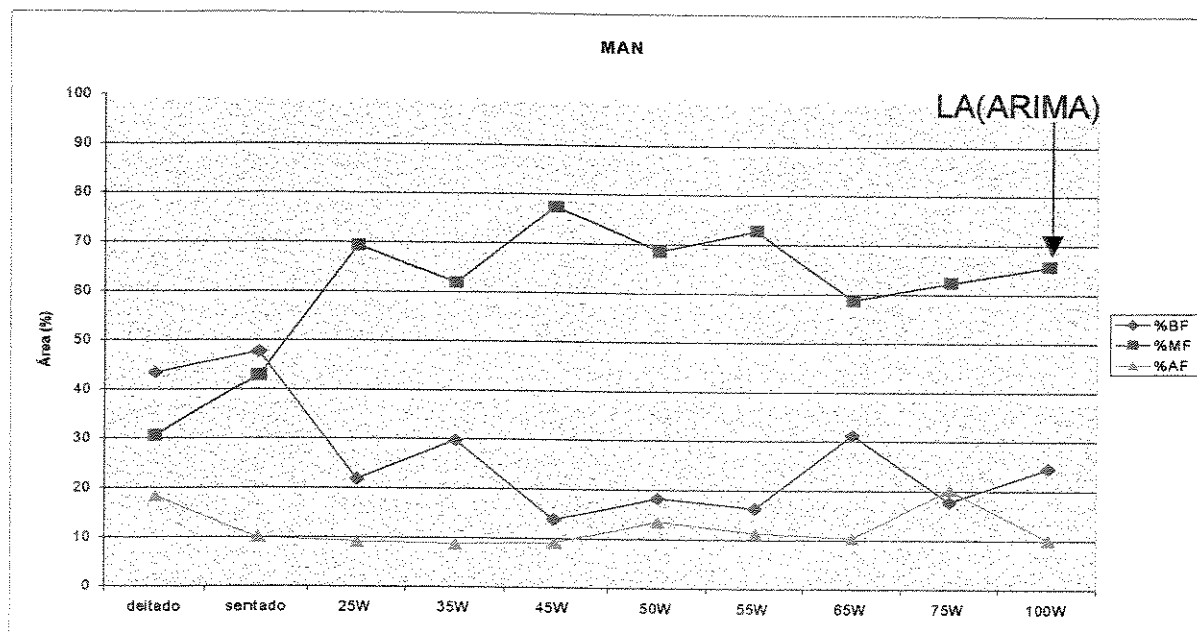


FIGURA 20A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (MAN).

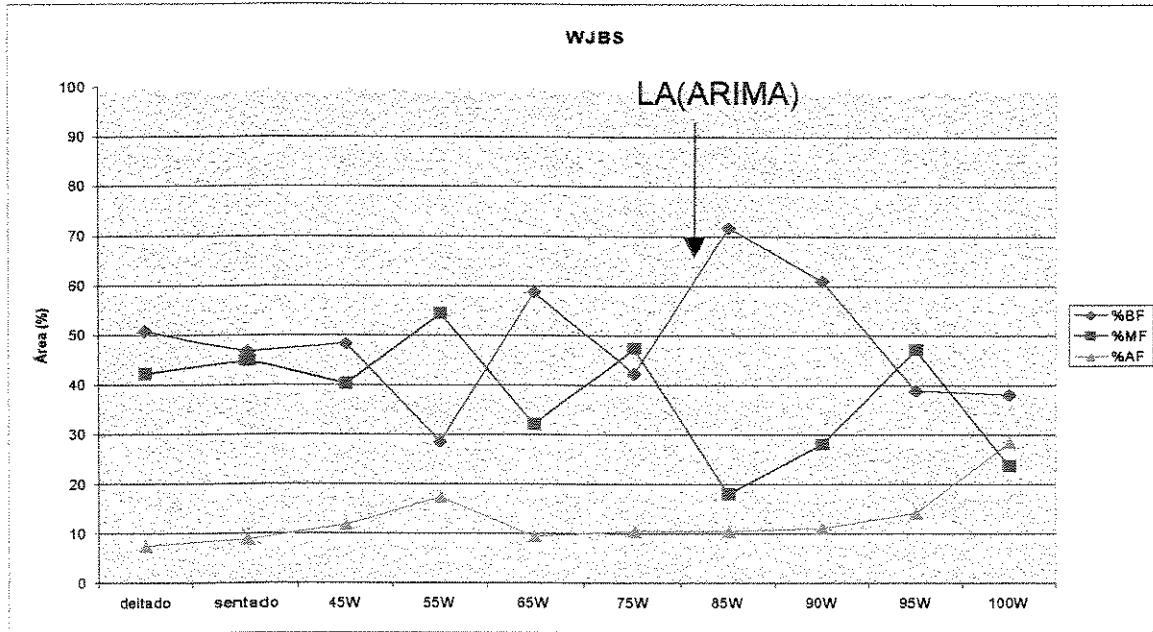


FIGURA 21A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo jovem (WJBS).

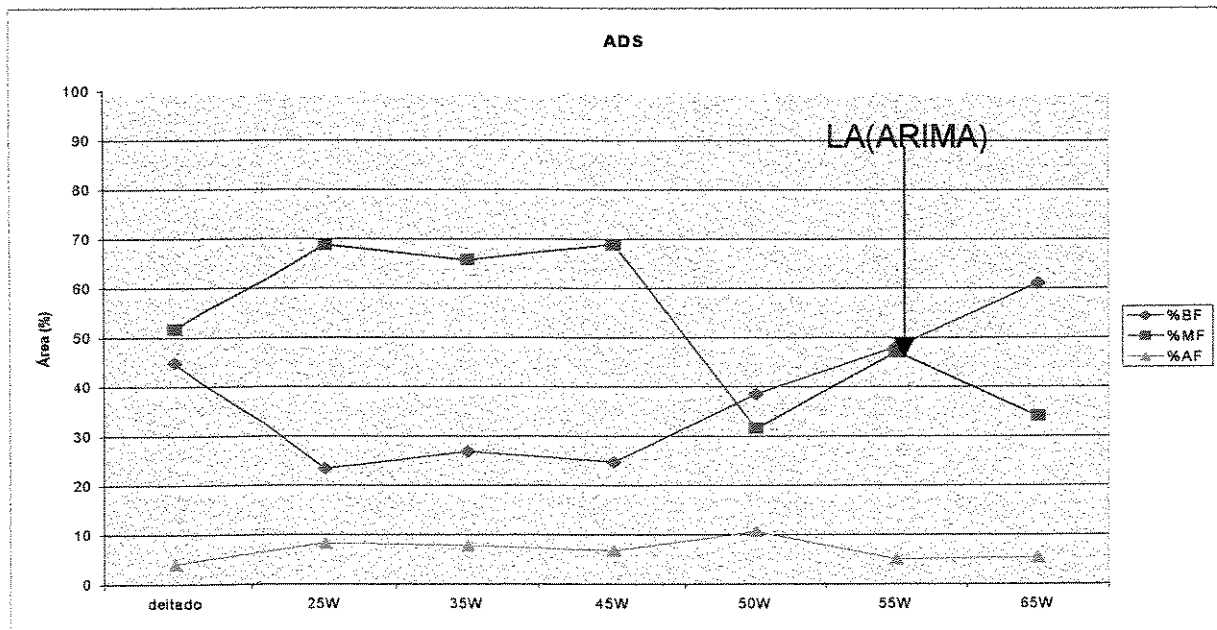


FIGURA 22A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos IRR de um voluntário do grupo de meia-idade (ADS).

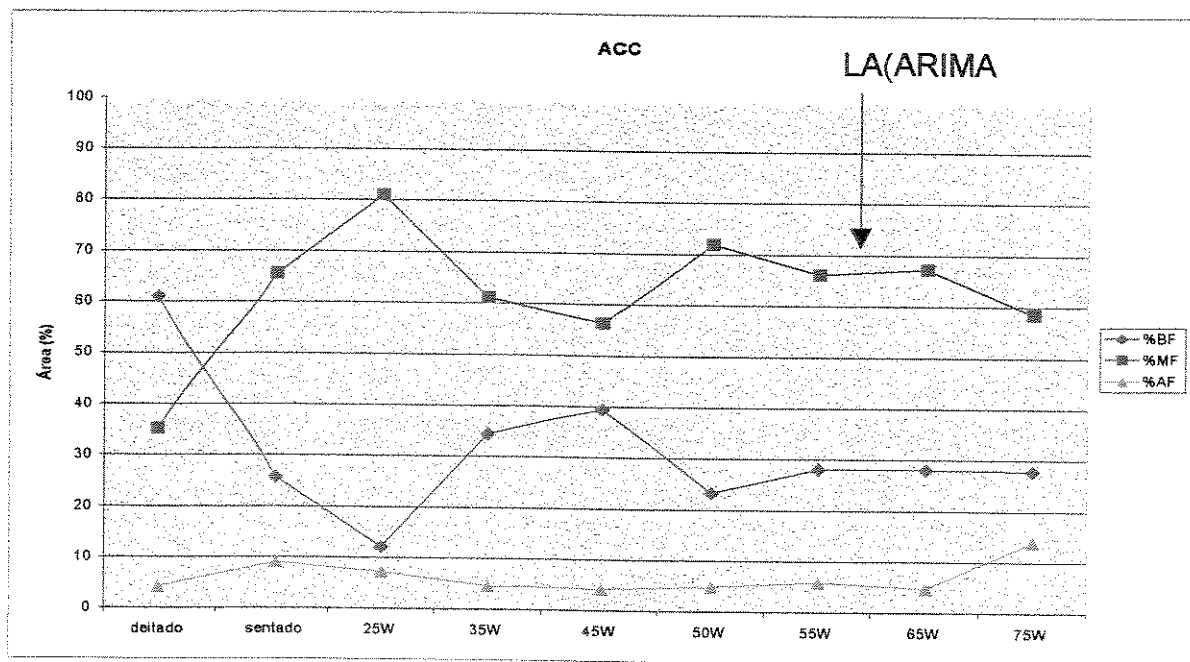


FIGURA 23A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo de meia-idade (ACC).

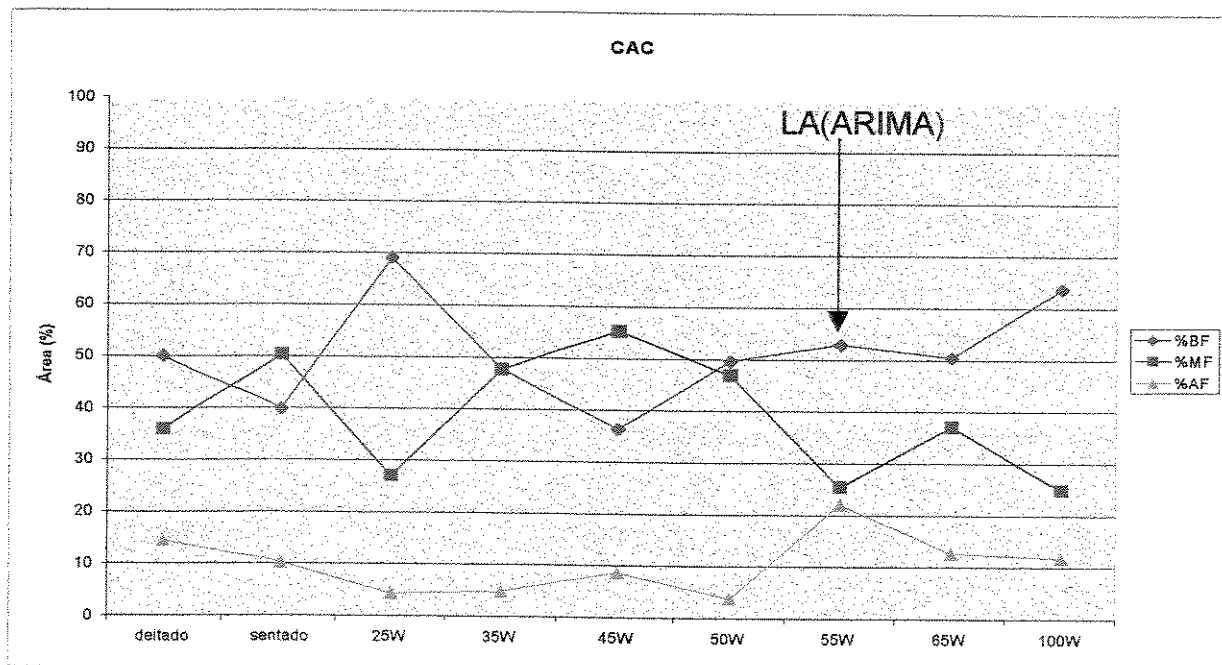


FIGURA 24A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo de meia-idade (CAC).

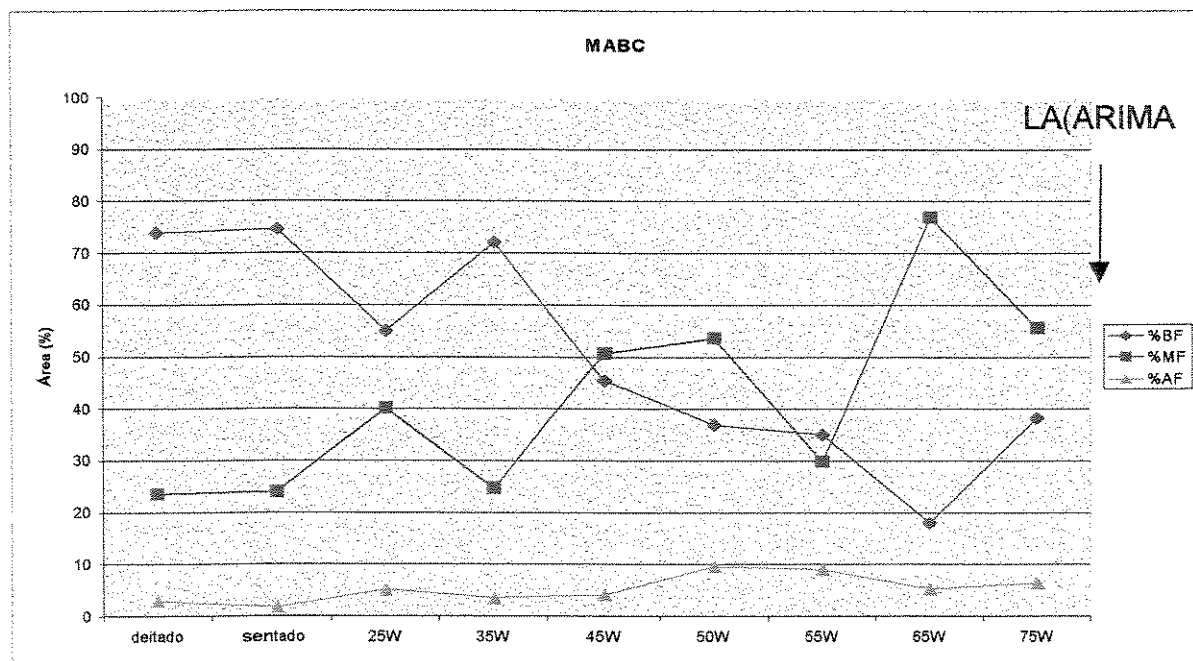


FIGURA 25A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo de meia-idade (MABC).

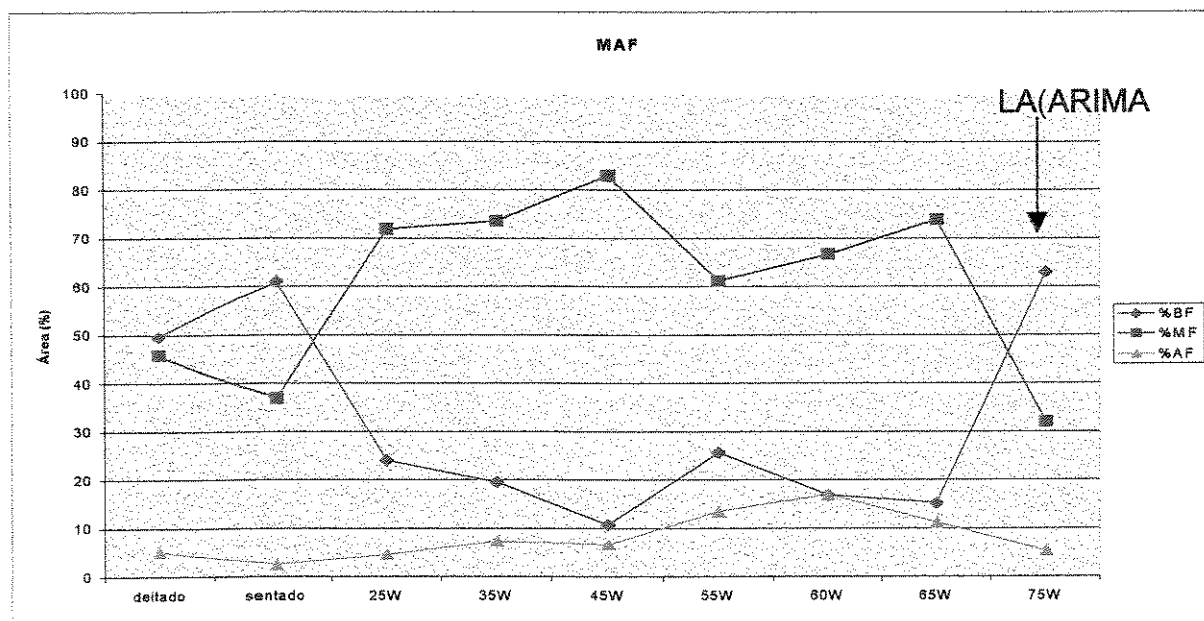


FIGURA 26A: Valores relativos das áreas espectrais: de baixa frequência (BF%), de média frequência (MF%) e de alta frequência (AF%) obtidas dos intervalos RR de um voluntário do grupo de meia-idade (MAF).

**“Tu me cercastes em volta, e pusestes sobre mim
a tua mão. Os Teus olhos viram meu corpo ainda
informe...” Salmos 139:5; 16 a.**