



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde

Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

**EFEITOS DO ENVELHECIMENTO E DA ATIVIDADE FÍSICA  
REGULAR EM ÍNDICES DA VARIABILIDADE DA  
FREQUÊNCIA CARDÍACA E DA ARRITMIA SINUSAL  
RESPIRATÓRIA DE HOMENS SAUDÁVEIS.**

RUTH CALDEIRA DE MELO

São Carlos - SP

2004

RUTH CALDEIRA DE MELO

**EFEITOS DO ENVELHECIMENTO E DA ATIVIDADE FÍSICA  
REGULAR EM ÍNDICES DA VARIABILIDADE DA  
FREQUÊNCIA CARDÍACA E DA ARRITMIA SINUSAL  
RESPIRATÓRIA DE HOMENS SAUDÁVEIS.**

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Fisioterapia da  
Universidade Federal de São Carlos  
para a obtenção do título de mestre em  
Fisioterapia.

**Orientadora: Profa. Dra. Aparecida Maria Catai**

São Carlos - SP

2004

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

M528ee

Melo, Ruth Caldeira.

Efeitos do envelhecimento e da atividade física regular em índices da variabilidade da frequência cardíaca e da arritmia sinusal respiratória de homens saudáveis / Ruth Caldeira Melo. -- São Carlos : UFSCar, 2005.  
121 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2004.

1. Fisiologia do exercício físico. 2. Variabilidade da frequência cardíaca . 3. Arritmia sinusal respiratória. 4. Sistema nervoso autônomo. 5. Envelhecimento. I. Título.

CDD: 612.04 (20<sup>a</sup>)

Investigação conduzida no Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos e no Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Cardiovascular e de Provas Funcionais da Universidade Metodista de Piracicaba, com apoio financeiro da CAPES, CNPq e FAPESP.

***“L’essentiel est invisible pour les yeux”***

*“O essencial é invisível aos olhos”*

**(Antoine de Saint-Exupéry)**

**Aos meus pais, Celso e Eliane, que sempre me apoiaram em todas as etapas de minha vida, não medindo sacrifícios e esforços para que eu e meus irmãos realizássemos nossos sonhos. Agradeço e Dedico este trabalho a vocês, pelo amor incondicional transmitido em cada segundo da minha existência e por terem me carregado em seus braços nos piores momentos de minha vida.**

**Ao meu amor, Caio, pela paciência, apoio, dedicação e carinho prestados nos momentos mais difíceis. Você foi fundamental para a concretização desse sonho. Juntos, vencemos a primeira das muitas batalhas de nossas vidas.**

**Aos meus queridos irmãos, Celso e Daniel, que mesmo distantes, me apoiaram e deram forças em todos os momentos de minha vida. Obrigado pelo amor, amizade e companheirismo. Vocês ajudaram a escrever a minha história, e estarão sempre gravados nas minhas mais doces e felizes lembranças.**

**Vocês moram no meu coração!**

**Amo todos vocês!**

## **Agradecimentos Especiais**

**À inestimável professora, orientadora e amiga Aparecida Maria Catai, pela confiança depositada nesses dois anos de convivência. Sou eternamente grata pela oportunidade de ter trabalhado ao seu lado. Agradeço todos os ensinamentos transmitidos, tanto no teatro da vida, como no campo da ciência. Meus sinceros agradecimentos.**

## Agradecimentos Especiais

À professora Ester da Silva, pela amizade e apoio prestados. Obrigada pelas sugestões, bem como pela disponibilização de alguns dados referentes aos jovens sedentários, os quais contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

À professora Audrey Borghi e Silva, pelo carinho e amizade. Muito obrigada pelas contribuições e atenção despendida.

Ao professor Roberto Carlos Burini, pelo apoio e incentivos desde a minha especialização. Meus sinceros agradecimentos.

À professora Nelcy Vera Nunes Simões, pela contribuição no contato inicial de alguns voluntários. Agradeço sua atenção e amizade.

Aos parceiros de pesquisa, Robison Quitério e Anielle Takahashi, os quais estiveram sempre presentes, me apoiando nos momentos de sufoco. Sem vocês a realização deste trabalho não seria possível. Agradeço, de coração, toda o apoio e ajuda despendida.

Aos colegas e amigos do laboratório: Carol, Daniel, Elisângela, Karla, Luciana, Mali, Marlene, Michel, Michelle, Nane, Natália, Pozzi e Valéria, pela ajuda e atenção. Obrigada por tudo.



Aos meus queridos voluntários, pela compreensão, paciência e carinho. Sem a colaboração de vocês nada disso seria possível. Meus sinceros agradecimentos.

Ao professor Luiz Eduardo Barreto Martins, pelo desenvolvimento e constante aperfeiçoamento da rotina de análise da VFC utilizada no presente trabalho. Muito obrigada!

Ao Lucien de Oliveira, pela ajuda na implementação das ferramentas computacionais utilizadas nesta pesquisa. Agradeço o apoio e atenção.

Às cardiologistas Fabiana Darezzo e Isabela Verzola pela realização das avaliações clínica e cardiológica dos voluntários estudados. Muito obrigada!

Aos amigos “extra-curriculares”, pelo companheirismo e carinho demonstrados durante nossa convivência.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, pelo suporte e apoio prestados.

Aos órgãos de fomento CAPES e CNPq, pelo auxílio financeiro.

A todas as pessoas que contribuíram de certa forma para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

## SUMÁRIO

<b>ABREVIACÕES E SÍMBOLOS</b>	i
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	iv
<b>LISTA DE TABELAS</b>	viii
<b>RESUMO</b>	ix
<b>ABSTRACT</b>	xi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. CASUÍSTICA E MÉTODOS</b> .....	14
<b>2.1. Aspectos éticos do estudo</b> .....	15
<b>2.2. Local de realização do estudo</b> .....	15
<b>2.3. Voluntários estudados</b> .....	16
<b>2.4. Critérios de exclusão</b> .....	16
<b>2.5. Avaliação clínica e fisioterapêutica</b> .....	17
<b>2.6. Preparação e controle ambiental da sala de experimentos</b> .....	19
<b>2.7. Seqüência da realização dos testes</b> .....	20
<b>2.8. Planejamento geral dos experimentos</b> .....	20
<b>2.9. Protocolos experimentais</b> .....	22
<b>2.9.1. Protocolo I: teste de exercício físico dinâmico contínuo do tipo degrau</b> .....	22
<b>2.9.2. Protocolos II e III</b> .....	26
<b>2.9.2.1. Procedimento para captação da freqüência cardíaca</b> .....	26
<b>2.9.2.2. Protocolo II: VFC de repouso</b> .....	28
<b>2.9.2.3. Protocolo III: manobra para acentuar a ASR</b> .....	29

<b>2.10. Metodologia de análise dos dados</b> .....	30
<b>2.10.1. Análise da resposta da frequência cardíaca e de sua variabilidade na condição de repouso</b> .....	30
<b>2.10.1.1. Análise no domínio do tempo</b> .....	30
<b>2.10.1.2. Análise no domínio da frequência</b> .....	31
<b>2.10.2. Análise da resposta da frequência cardíaca a manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória (MASR)</b> .....	35
<b>2.10.2.1. Análise no domínio da frequência</b> .....	35
<b>2.10.2.2. Índices da arritmia sinusal respiratória</b> .....	38
<b>2.11. Metodologia estatística</b> .....	38
<b>3. RESULTADOS</b> .....	41
<b>3.1. Voluntários estudados</b> .....	42
<b>3.2. Teste de exercício físico dinâmico contínuo do tipo degrau</b> .....	43
<b>3.3. Análise da variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo e da frequência, e dos índices da arritmia sinusal respiratória entre os grupos estudados</b> .....	44
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	64
<b>4.1. Voluntários estudados</b> .....	65
<b>4.2. Frequência cardíaca e intervalos R-R em repouso</b> .....	68
<b>4.3. Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)</b> .....	70
<b>4.3.1. Análise no Domínio do Tempo</b> .....	72
<b>4.3.2. Análise no Domínio da Frequência</b> .....	75
<b>4.4. Arritmia Sinusal Respiratória (ASR)</b> .....	80
<b>4.5. Considerações Finais</b> .....	86

<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>88</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>90</b>
<b>Apêndice 1 – Parecer do comitê de ética em pesquisa.....</b>	<b>100</b>
<b>Apêndice 2 – Consentimento livre e esclarecido.....</b>	<b>102</b>
<b>Apêndice 3 – Ficha de Avaliação.....</b>	<b>105</b>
<b>Apêndice 4 – Tabelas.....</b>	<b>112</b>

**ABREVIACOES E SÍMBOLOS**

%	=	percentagem
°C	=	Graus Celsius
ACSM	=	American College of Sports Medicine
AF	=	alta frequncia
AFun	=	alta frequncia em unidades normalizadas
AR	=	auto-regressivo
ASR	=	arritmia sinusal respiratória
BF	=	baixa frequncia
BF/AF	=	razão entre a baixa frequncia e a alta frequncia
BFun	=	baixa frequncia em unidades normalizadas
bpm	=	batimentos por minuto
CNS	=	Conselho Nacional de Saúde
DF	=	domínio da frequncia
dp	=	desvio padrão
DII	=	derivao eletrocardiográfica bipolar referente  diferença de potencial entre os eletrodos posicionados no braço direito (negativo) e na perna esquerda (positivo)
DT	=	domínio do tempo
DTP	=	densidade total de potência
E/I	=	razão dos maiores valores dos iR-R na expirao pelos menores valores dos iR-R na inspirao
ECG	=	eletrocardiograma
FC	=	frequncia cardíaca
Hz	=	hertz
IA	=	idosos ativos
IMC	=	ndice de massa corpórea
iR-R	=	intervalo R-R

IS	= idosos sedentários
JA	= jovens ativos
JS	= jovens sedentários
kg	= quilogramas
kg/m <sup>2</sup>	= quilogramas/metros <sup>2</sup>
m	= metros
MASR	= manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória
MBF	= muito baixa frequência
MC5	= derivação eletrocardiográfica bipolar referente à diferença de potencial entre os eletrodos posicionados no ápice do manúbrio esternal (negativo) e no quinto espaço intercostal na direção da linha axilar anterior esquerda (correspondente a V5) (positivo).
min	= minutos
mmHg	= milímetros de mercúrio
ms	= milissegundos
ms <sup>2</sup> /Hz	= milissegundos <sup>2</sup> /hertz
n	= número
NUPEF	= Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico
PA	= pressão arterial
PAD	= pressão arterial diastólica
pNN50	= percentagem em relação ao total dos iR-R normais, em relação aos iR-R anteriores, com uma diferença superior a 50 ms
PAS	= pressão arterial sistólica
RMSSD	= raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os iR-R no registro divididos pelo número de iR-R em um tempo determinado menos um iR-R
rpm	= rotações por minuto
r <sub>s</sub>	= coeficiente de correlação de <i>Spearman</i>

SDANN	= desvio padrão das médias dos iR-R normais do trecho analisado
SDNN	= desvio padrão de todos iR-R normais
SNA	= sistema nervoso autônomo
TEFDC-D	= teste de esforço físico dinâmico contínuo do tipo degrau
UBF	= ultra baixa frequência
UFSCar	= Universidade Federal de São Carlos
UNIMEP	= Universidade Metodista de Piracicaba
V2	= derivação eletrocardiográfica unipolar no 4° espaço intercostal ao lado esquerdo do esterno
VFC	= variabilidade da frequência cardíaca
W	= Watts
$\Delta$ IE	= variação da frequência cardíaca inspiração-expiração

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Ilustração do posicionamento dos eletrodos negativo (vermelho), positivo (amarelo) e neutro (preto) para a captação do eletrocardiograma na derivação MC5.....19
- Figura 2.** Ilustração da montagem experimental do protocolo I. A: monitor cardíaco, B: cicloergômetro de frenagem eletromagnética, C: posicionamento dos eletrodos de superfície do eletrocardiograma.....24
- Figura 3.** Representação esquemática do teste de exercício físico dinâmico contínuo do tipo degrau, com carga de aquecimento de 4 Watts (W), durante 2 minutos e incrementos de 25 em 25 W a cada 3 minutos, até a exaustão física do voluntário.....25
- Figura 4.** Ilustração da aquisição dos dados da frequência cardíaca, batimento a batimento em tempo real, obtida a partir dos intervalos R-R do eletrocardiograma na condição de repouso supino de um dos voluntários do grupo jovem ativo (GMLS).....27
- Figura 5.** Ilustração da montagem experimental. A: computador com o software de aquisição dos dados de frequência cardíaca; B: monitor cardíaco).....28
- Figura 6.** Ilustração da aquisição dos dados da frequência cardíaca, batimento a batimento, em tempo real, obtida a partir dos intervalos R-R do eletrocardiograma durante a manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória de um dos voluntários estudados (GMLS).....30
- Figura 7.** Ilustração da série temporal em intervalos R-R na posição supina em 15 minutos de coleta do ECG de um representante dos seguintes grupos estudados: JS (jovem sedentário), IS (idoso sedentário), JA (jovem ativo) e IA (idoso ativo).....33
- Figura 8.** Ilustração da análise espectral dos intervalos R-R na posição supina em 15 minutos de coleta do ECG, mostrando as bandas de muito baixa frequência (azul), de baixa frequência (vermelho) e de alta frequência (verde) de um voluntário de cada grupo estudado. Em A: idoso sedentário, B: idoso ativo, C: jovem sedentário e D: jovem ativo.....34



- Figura 9.** Ilustração da análise espectral dos intervalos R-R durante a manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória (MASR) em 6 minutos de coleta do ECG, mostrando as bandas de muito baixa frequência (azul), de baixa frequência (vermelho) e de alta frequência (verde) de um representante de cada grupo estudado. Em A: idoso sedentário, B: idoso ativo, C: jovem sedentário e D: jovem ativo.....37
- Figura 10.** Análise dos valores da densidade de potência total ( $\text{ms}^2/\text{Hz}$ ), do grupo jovem ativo, quanto a distribuição dos dados. Em A. está representada a curva de Gauss e o histograma do número de observações. Em B estão representados os valores observados em relação aos esperados.....40
- Figura 11.** Valores de frequência cardíaca, em batimentos por minuto, durante o repouso supino de todos os grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .....46
- Figura 12.** Valores dos intervalos RR (i-RR) em milissegundos (ms), durante o repouso supino de todos os grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .....47
- Figura 13.** Valores de RMSSD, em milissegundos (ms), durante o repouso supino de todos os grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .....48
- Figura 14.** Densidade total de potência (DTP), expressa em valores absolutos, em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ ; obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .....49
- Figura 15.** Dados da banda de baixa frequência (BF), expresso em valores absolutos, em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ ; obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .....50
- Figura 16.** Dados da banda de alta frequência (AF), expresso em valores absolutos, em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ ; obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .....51
- Figura 17.** Dados da banda de baixa frequência (BF), expresso em unidades normalizadas (un); obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .....52

- Figura 18.** Dados da banda de alta freqüência (AF), expressos em unidades normalizadas (un); obtida a partir da análise da VFC no domínio da freqüência dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .....53
- Figura 19.** Dados da razão BF/AF, obtida a partir da divisão da banda de BF pela banda de AF obtidas pela análise da VFC no domínio da freqüência dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .....54
- Figura 20.** Valores da razão E/I determinados a partir da divisão da média dos maiores valores dos intervalos RR pelos menores valores dos intervalos RR, obtidos durante a manobra para acentuar a ASR, dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .....55
- Figura 21.** Variação da freqüência cardíaca, em batimentos por minuto, durante a manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .....56
- Figura 22.** Correlação entre a idade, em anos, e os valores de RMSSD, em milisegundos, durante o repouso supino determinado pela análise da VFC no domínio do tempo, nos grupos sedentários (A) e dos grupos ativos (B). Nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .....57
- Figura 23.** Correlação entre a idade, em anos, e os valores de densidade total de potência, em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , durante o repouso supino determinado pela análise da VFC no domínio da freqüência, dos grupos sedentários (A) e ativos (B). Nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .....58
- Figura 24.** Correlação entre a idade, em anos, e os valores de baixa freqüência, em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , durante o repouso supino determinado pela análise da VFC no domínio da freqüência, dos grupos sedentários (A) e ativos (B). Nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .....59
- Figura 25.** Correlação entre a idade, em anos, e os valores de alta freqüência, em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , durante o repouso supino determinado pela análise da VFC no domínio da freqüência, dos grupos sedentários (A) e ativos (B). Nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .....60
- Figura 26.** Correlação entre a idade, em anos, e os valores da razão entre a baixa freqüência e a alta freqüência durante o repouso supino, dos grupos sedentários (A) e ativos (B). Nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .....61

- Figura 27.** Correlação entre a idade, em anos, e os valores da razão E/I determinados a partir da divisão da média dos maiores valores dos intervalos RR pelos menores valores dos intervalos RR, obtidos durante a manobra para acentuar a ASR, dos grupos sedentários (A) e ativos (B). Nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .....62
- Figura 28.** Correlação entre a idade, em anos, e os valores da variação da frequência cardíaca, em batimentos por minuto, calculados a partir da subtração da média dos maiores valores de frequência cardíaca da fase inspiratória da arritmia sinusal respiratória pela média dos menores valores de frequência cardíaca da fase expiratória da arritmia sinusal respiratória, dos grupos sedentários (A) e ativos (B). Nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .....63

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela I.</b>	Idade e características antropométricas dos grupos estudados.....	42
<b>Tabela II.</b>	Dados de idade e das características antropométricas de todos os voluntários do grupo jovem sedentário.....	113
<b>Tabela III.</b>	Dados de idade e das características antropométricas de todos os voluntários do grupo idoso sedentário.....	114
<b>Tabela IV.</b>	Dados de idade e das características antropométricas de todos os voluntários do grupo jovem ativo.....	115
<b>Tabela V.</b>	Dados de idade e das características antropométricas de todos os voluntários do grupo idoso ativo.....	116
<b>Tabela VI.</b>	Índices da variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo e da frequência, durante o repouso supino, e índices durante a manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória, dos grupos estudados...45	
<b>Tabela VII.</b>	Resultado do eletrocardiograma (ECG) pré, durante e após a realização do protocolo I (TEFDC-D) do grupo idoso sedentário.....	117
<b>Tabela VIII.</b>	Resultado do eletrocardiograma (ECG) pré, durante e após a realização do protocolo I (TEFDC-D) do grupo idoso ativo.....	119
<b>Tabela IX.</b>	Média, desvio padrão (dp) e mediana da frequência cardíaca (FC), em batimentos por minuto, em repouso sentado, máxima estimada para a idade e no pico do TEFDC-D. Pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), em milímetros de mercúrio (mmHg), durante o repouso supino e no pico do TEFDC-D. Potência pico atingida durante o TEFDC-D dos grupos: jovem sedentário (JS), jovem ativo (JA), idoso sedentário (IS) e idoso ativo (IA).....	121

## RESUMO

MELO, R.C. *Efeitos do envelhecimento e da atividade física regular em índices da variabilidade da frequência cardíaca e da manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória de homens saudáveis*. 2004. 121p Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos.

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da idade e da atividade física regular sobre o controle autonômico da frequência cardíaca (FC) durante o repouso e durante a manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória (MASR) em homens saudáveis. Participaram do presente estudo, 9 jovens sedentários (média= 22,67  $\pm$ 2,45 anos), 16 jovens ativos (média= 22,38  $\pm$ 2,13 anos), 8 idosos sedentários (média= 63,5  $\pm$ 2,39 anos) e 8 idosos ativos (média= 61  $\pm$ 1,6 anos). O traçado eletrocardiográfico foi registrado durante 15 minutos (repouso com respiração espontânea), 4 minutos (MASR, com frequência respiratória mantida entre 5 a 6 ciclos/minuto) e 1 minuto de recuperação. A frequência cardíaca (FC), em bpm, e os intervalos RR (iR-R), em ms, foram analisados pelo domínio do tempo (índice RMSSD) e pelo domínio da frequência. Os componentes da potência espectral foram expressos em valores absolutos (a) e em unidades normalizadas (un) para a densidade total de potência (DTP), as bandas de baixa frequência (BF), alta frequência (AF) e razão BF/AF. A FC obtida durante a manobra MASR foi analisada a partir dos índices: razão expiração/inspiração dos iR-R (E/I) e de sua variação durante a inspiração-expiração ( $\Delta$ IE). Os grupos ativos apresentaram valores inferiores de FC de repouso em comparação aos controles sedentários de mesma idade. O grupo idoso sedentário apresentou menor variabilidade da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), E/I e  $\Delta$ IE que o grupo jovem sedentário.

O grupo idoso ativo mostrou valores superiores de RMSSD e da banda de HF em relação ao grupo sedentário idoso (45,04 e 28,78 ms, 58.167 e 12.218 ms<sup>2</sup>/Hz,  $p < 0,05$ ; respectivamente). Diferenças estatísticas não foram encontradas entre o grupo jovem ativo e idoso ativo para o RMSSD (61,71 e 45,04 ms, respectivamente) e para a VFC (DTP: 130.816 e 125.710, LFa: 33.295 e 32.611, HFa: 84.346 e 58.167, ms<sup>2</sup>/Hz, respectivamente) e para os índices da ASR (E/I: 1,40 e 1,35,  $\Delta$ IE: 23 e 18, respectivamente). Para os grupos sedentários foi observado correlação negativa entre os índices DTP, AFa, E/I e  $\Delta$ IE e a idade ( $p < 0,05$ ), sendo que o mesmo não pode ser observado nos grupos ativos. Os resultados sugerem que o envelhecimento associado ao sedentarismo provoca reduções na VFC, representadas pela diminuição da atividade vagal sobre o coração, determinada tanto pela análise no domínio da frequência como pelos índices da arritmia sinusal respiratória. Entretanto, a atividade física regular aumenta a VFC, independentemente da idade, e atenua as alterações, decorrentes do processo de envelhecimento, no controle autônomo da frequência cardíaca. Apoio Financeiro: CAPES, CNPq e FAPESP.

Palavras-chave: variabilidade da frequência cardíaca, arritmia sinusal respiratória, sistema nervoso autônomo, envelhecimento, atividade física regular.

**ABSTRACT**

MELO, R.C. *Effects of aging and physical activity on indices of the heart rate variability and respiratory sinus arrhythmia in healthy men*. 2004. 121p. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos.

The purpose of the present study was to evaluate the effects of the aging and the regular physical activity on the autonomic control of heart rate (HR) at rest and during deep breath test (DBT) in healthy men. Nine young sedentary (mean =  $22.67 \pm 2.45$  years), sixteen young active (mean =  $22.38 \pm 2.13$  years), eight sedentary older (mean =  $63.5 \pm 2.39$  years) and eight older active (mean =  $61 \pm 1.6$  years) men were studied. Electrocardiogram was continuously recorded during 15 minutes (rest), 4 minutes (DBT, with breath rate at 5 to 6 cycles/minute) and 1 minute (recovery) in supine position. The HR (bpm) and the R-R intervals (RRi) (ms) were analyzed by time (RMSSD index) and frequency domain methods. The power spectral components were expressed as absolute (a) and normalized units (nu) at low (LF) and high (HF), and as the LF/HF. The HR and the RRi were analyzed by the respiratory sinus arrhythmia (RSA) indices: expiration/inspiration ratio (E/I) and inspiration-expiration difference ( $\Delta IE$ ). The HR was lower in the activity groups than to the matched-age sedentary groups. The older sedentary group had lower heart rate variability (HRV), E/I and  $\Delta IE$  than young ones. The older active group showed higher RMSSD and HF component than matched-age sedentary group (45.04 and 28.78 ms, 58,167 and 12,218  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ ,  $P < 0.05$ ; respectively). No differences were found between young and older active groups for RMSSD (61.71 and 45.04 ms,

respectively) and HRV (TP:130,816 and 125,710, LFa:33,295 and 32,611, HFa:84,346 and 58,167,  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , respectively) and DBT indices (E/I: 1.40 and 1.35,  $\Delta\text{IE}$ : 23 and 18, respectively). The results show that aging associates with inactivity reduces the HRV. However, the regular physical activity increases the HRV, independent of age, suggesting attenuation the effects of the aging in the autonomic control of the heart rate. Financial support: CAPES, CNPq and FAPESP.

Key words: heart rate variability, respiratory sinus arrhythmia, autonomic nervous system, aging process, regular physical activity.



## **1. INTRODUÇÃO**

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema nervoso autônomo (SNA), por meio de seus eferentes simpático e parassimpático, é responsável pelos ajustes rápidos ocorridos no sistema cardiovascular durante os diferentes estímulos (exercício físico, estresse mental, mudanças posturais etc), a fim de suprir a demanda dos sistemas durante a realização dos mesmos. Sendo assim, a regulação intrínseca do ritmo, da condução elétrica e da contratilidade do coração, sofrem influência do controle autonômico, estando na dependência do balanço entre os componentes do SNA (HARTIKAINEN, TAHVANAINEN & KUUSELA, 1998).

O sistema nervoso parassimpático, representado pelo nervo vago, inerva o nodo sinoatrial, nodo átrio-ventricular e o miocárdio atrial, sendo, por intermédio do seu neurotransmissor (i.e. acetilcolina), responsável por reduzir a frequência cardíaca (FC). Já o sistema nervoso simpático inerva todas as regiões do coração, ou seja, nodo sinoatrial, nodo átrio-ventricular, e todo o miocárdio (átrios e ventrículos), sendo, por meio de seu neurotransmissor (i.e. noradrenalina) responsável por aumentar a FC e a força de contração do miocárdio (WARWICK & WILLIAMS, 1973; HAINSWORTH, 1998). Em repouso, é observado predomínio da atividade vagal sobre o coração, a qual reduz os valores da FC intrínseca de 110-120 para 60-80 batimentos por minuto (bpm). No entanto, valores de FC acima da intrínseca representam predomínio simpático (HAINSWORTH, 1998).

O controle autonômico da FC pode ser avaliado a partir de testes invasivos, por meio de bloqueios farmacológicos, bloqueio simples ou bloqueio duplo

do simpático e do parassimpático cardíaco (AKSELROD et al., 1981; KESELBRENER & AKSELROD, 1998; TAYLOR et al., 2001), e de forma não-invasiva, a partir da análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (RIBEIRO, 1992; LONGO, FERREIRA & CORREIA, 1995; TASK FORCE, 1996; CATAI et al., 2002; PUMPRLA et al., 2002; PERINI & VEICSTEINAS, 2003). Essa é determinada pelas oscilações entre os valores consecutivos da FC instantânea, assim como as oscilações nos intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos (iR-R), em ms, do eletrocardiograma (ANTILA, 1979; LONGO, FERREIRA & CORREIA, 1995; TASK FORCE, 1996).

A VFC representa um dos mais significativos indicadores quantitativos da resposta neuro-regulatória batimento a batimento (SOSA et al., 1999), sendo avaliada em diversas situações. Assim, a mesma vem sendo analisada em condições de repouso, seja em estado de vigília ou no sono (CATAI et al., 2002); em diferentes posturas corporais (LINDQVIST, 1990; RIBEIRO et al, 2001); e durante e após a aplicação de um estímulo como, por exemplo, exercício físico dinâmico (MARÃES et al., 2000; YAMAMOTO et al., 2001; SILVA et al., 2000 e 2002) e manobras provocatórias específicas (manobra de Valsalva, manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória, testes posturais, imersão da face ou mão em água gelada etc) (HOHNLOSER & KLINGENHEBEN, 1998; KESELBRENER & AKSELROD, 1998; SOSA et al., 1999; SANTOS et al., 2003).

Nos registros eletrocardiográficos de curta duração ou naqueles que não se observa estabilidade do sinal, ou seja, durante as seguintes condições: exercício físico, manobra de Valsalva e manobras posturais passiva e ativa, a forma mais adequada de avaliar a variação da FC e a duração dos iR-R, se faz por meio da análise no domínio do tempo (DT) utilizando-se de métodos estatísticos. Esse

tipo de análise permite a avaliação da VFC por meio do cálculo dos seguintes índices: SDNN (desvio padrão de todos iR-R normais), SDANN (desvio padrão das médias dos iR-R normais do trecho analisado), RMSSD (raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os iR-R normais sucessivos), pNN50 (percentagem em relação ao total dos iR-R normais, em relação aos iR-R anteriores, com uma diferença superior a 50 ms) (LONGO, FERREIRA & CORREIA, 1995; TASK FORCE, 1996; KESELBRENER & AKSELROD, 1998).

Já para os registros de longa duração, do tipo Holter de 24 horas, recomenda-se a avaliação a partir da análise no domínio da frequência (DF), também denominada de análise espectral. Essa metodologia permite decompor os componentes oscilatórios fundamentais da VFC, caracterizando os mesmos de acordo com sua frequência e amplitude. Sendo, assim, uma maneira de avaliar os fenômenos rítmicos e expressá-los pela sua frequência, determinada a partir do número de ocorrências de cada fenômeno (i.e, os ciclos) em um determinado período de tempo. Porém, alguns estudos afirmam que o mínimo período de tempo para aplicar a análise espectral é de cinco minutos de registro, tempo esse suficiente para se obter a estabilidade do sinal (TASK FORCE, 1996; HARTIKAINEN, TAHVANAINEN & KUUSELA, 1998).

Na análise espectral da VFC, a série dos iR-R sofre inicialmente processamento matemático, por meio do microcomputador, que resulta no chamado tacograma, o qual expressa a variação da FC, e conseqüentemente dos iR-R, em função do tempo. O tacograma contém um sinal aparentemente periódico que oscila no tempo, sendo este processado por vários algoritmos matemáticos, como a transformada rápida de Fourier ou os modelos auto-regressivos (Yule-Walker, por

exemplo), calculando, assim, a densidade espectral de potência (TASK FORCE, 1996; KESELBRENER & AKSELROD, 1998; CATAI, 1999).

Assim, com o uso desta metodologia, vários pesquisadores vêm estudando a variabilidade dos sinais cardiovasculares. Akselrod et al. (1981) se destacaram com um trabalho pioneiro, que objetivou elucidar quais os componentes do espectro da VFC, previamente identificados por Sayers em 1973 (apud AKSELROD et al., 1981), representavam a ação dos ramos do SNA. Nesse trabalho os autores, estudando cães conscientes, identificaram basicamente três picos, ou ondas, principais de densidade espectral.

O pico que ocorria na faixa de alta frequência (0,25Hz) correspondia as variações da FC decorrente da respiração, ou seja, a arritmia sinusal respiratória (ASR), e outros dois que ocorriam em frequências mais baixas (0,12 e 0,04 Hz). Com a realização de bloqueio farmacológico do sistema nervoso parassimpático, os autores observaram abolição do pico de alta frequência (0,25Hz) e de média frequência (0,12Hz) e, ainda, redução do pico de baixa frequência (0,04Hz). Já o bloqueio do sistema nervoso simpático, utilizando-se propranolol, mostrou redução da amplitude do pico de baixa frequência (0,04Hz). Entretanto, quando o duplo bloqueio (simpático e parassimpático) foi realizado simultaneamente, ocorreu supressão de todas as flutuações da FC, levando ao aparecimento da chamada variação metronômica do batimento cardíaco.

Sendo assim, vários estudos com indivíduos saudáveis e animais, envolvendo registros de longa duração, identificaram três componentes espectrais que podem ser normalmente distinguidos na curva da densidade espectral de potência:

- a) Componente de alta freqüência (AF), com faixa de variação de 0,15 a 0,4Hz, que corresponde à modulação respiratória e é um indicador da atuação do vago sobre o coração (POMERANZ et al., 1985; MALLIANI et al., 1991; TASK FORCE, 1996).
- b) Componente de baixa freqüência (BF), com faixa de variação entre 0,04 a 0,15Hz, que é decorrente da ação conjunta dos componentes vagal e simpático sobre o coração, sendo o último predominante nessa faixa de freqüência. Portanto, esta banda de freqüência tem sido utilizada como marcador da modulação simpática atuante no coração (LONGO, FERREIRA & CORREIA, 1995; TASK FORCE, 1996).
- c) Banda de muito baixa freqüência (MBF), com faixa de variação entre 0 e 0,04Hz, cuja explicação fisiológica não está bem definida e parece estar relacionada ao sistema renina-angiotensina-aldosterona, termorregulação e tônus vasomotor periférico. Além disso, as oscilações de MBF necessitam de registro relativamente longo (aproximadamente uma hora), para essa ser avaliada de forma adequada (AKSELROD et al., 1981; POMERANZ et al., 1985; AKSELROD et al., 1985; LONGO, FERREIRA & CORREIA, 1995).

Adicionalmente, em registros de longa duração, também pode ser identificado um componente de ultra baixa freqüência (UBF), com faixa de variação entre 0 e 0,003Hz, pode ser identificada, sendo seu significado desconhecido e, ainda, necessitando de maiores investigações (HARTIKAINEN, TAHVANAINEN & KUUSELA, 1998).

De forma complementar na avaliação do controle autonômico da FC alguns estudos têm mostrado que, a caracterização do balanço simpato-vagal pode ser feita utilizando-se a razão BF/AF, refletindo assim, as interações absolutas e relativas entre os componentes, simpático e parassimpático, do sistema nervoso autônomo no coração (PAGANI et al., 1986; TASK FORCE, 1996).

A normalização dos dados da análise espectral pode também ser utilizada para minimizar os efeitos das alterações da banda de MBF. Essa é determinada a partir da divisão da potência de um dado componente (BF ou AF) pelo espectro de potência total, subtraída do componente de MBF e multiplicada por 100 (PAGANI et al., 1986; MALLIANI et al., 1991; TASK FORCE, 1996).

A análise das oscilações fisiológicas dos intervalos iR-R durante o repouso mostra que existe estreita ligação entre o ciclo cardíaco e o padrão respiratório, na determinação da FC, sendo esse sincronismo denominado de arritmia sinusal respiratória (ASR). A ASR é mediada por alterações na atividade parassimpática sobre o coração e influenciada por vários mecanismos fisiológicos como: mecanismos reflexos de estiramento dos receptores pulmonares e torácicos, barorreceptores, e a interação direta entre os centros medulares respiratórios e cardiovasculares (KATONA & JIH, 1975).

Durante a respiração voluntária espontânea ocorre sobreposição bifásica da FC, na qual é observada uma interação sincrônica entre a fase inspiratória e o aumento da FC, devido à retirada vagal, e entre a fase expiratória e a redução da FC, devido ao retorno da atividade vagal no nodo sino-atrial (KATONA & JIH, 1975; HIRSCH & BISHOP, 1981; TAYLOR et al., 2001).

A literatura relata que a máxima sobreposição entre a FC e o ciclo respiratório ocorre quando a frequência respiratória (FR) é mantida

aproximadamente em 5-6 ciclos por minuto (HIRSCH & BISHOP, 1981). Outros estudos sugerem que a ASR aumenta a modulação vagal sobre o nodo sino-atrial, e conseqüentemente, reduz o balanço simpato-vagal (HOHNLOSER & KLINGENHEBEN, 1998; SUNDKVIST, ALMER & LILJA, 1979; SMITH, 1982; O'BRIEN et al., 1986; GAUTSCHY et al., 1986). Entretanto, alguns autores acreditam que o ritmo respiratório não envolve somente o comando central, mas também a sincronização entre a descarga aferente proveniente dos pulmões e das estruturas torácicas, e conseqüentemente a FR não alteraria nem a atividade autonômica e nem o tônus vagal cardíaco (GOLDBERGER et al., 1994; STRANO et al., 1998).

A magnitude da ASR pode ser determinada, então, a partir do cálculo de dois principais índices: a) razão expiração/inspiração (E/I): calculado a partir da média dos maiores iR-R, em ms, obtidos durante a expiração, divididos pela média dos menores iR-R obtidos durante a inspiração; b) variação da FC ( $\Delta$  I-E): calculada a partir da diferença entre a média dos valores picos de FC durante a inspiração e a expiração (SUNDKVIST, ALMER & LILJA, 1979; SMITH, 1982; GAUTSCHY et al., 1986; O'BRIEN, 1986; SANTOS et al., 2003).

De forma geral, a análise da VFC na condição de repouso e da resposta da FC a manobra para acentuar a ASR vêm sendo utilizadas para avaliar a integridade da atividade vagal sobre o nodo sino-atrial (KATONA & JIH, 1975; HIRSCH & BISHOP, 1981; GAUTSCHY et al., 1986; SOSA et al., 1999; TAYLOR et al., 2001). No entanto, alguns índices da VFC, também, podem ser utilizados para quantificar a atividade simpática sobre o coração, sendo importante ressaltar que existem testes mais específicos para avaliar o mesmo (estresse mental, contração isométrica de "*hand grip*") (KESELBRENER & AKSELROD, 1998).



O envelhecimento é um processo complexo que provoca alterações em todos os sistemas do organismo. Em relação à função cardiovascular, pode-se observar reduções importantes na capacidade funcional (HEATH et al., 1981; FLEG, 1986; ROGERS et al, 1990; TOTH, et al, 1994, ACSM, 1998a), assim como no controle autonômico da FC (GAUTSCHY et al., 1986; O'BRIEN et al., 1986; BYRNE et al., 1996; PUMPRLA et al., 2002).

As modificações na composição corporal, ou seja, a redução na quantidade de massa magra e o aumento na porcentagem de gordura, observado com o avançar da idade, juntamente com o sedentarismo influenciam significativamente no declínio da capacidade aeróbia (TOTH et al, 1994; PATERSON et al, 1999). Segundo Byrne et al (1996), essas modificações parecem não influenciar diretamente na diminuição da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), sendo a idade, por si, a principal responsável por essa redução (BYRNE et al., 1996). Da mesma forma, Antelmi et al. (2004) não encontraram correlação entre VFC e diferentes índices de massa corpórea (IMC), sugerindo, ainda, que a VFC possuem correlação negativa com o aumento da idade e correlação positiva com a capacidade funcional. No entanto, sabe-se que a atividade física regular e a adoção de hábitos alimentares adequados reduzem e/ou previnem a inabilidade funcional decorrente do envelhecimento (ACSM, 1998b).

Com relação aos mecanismos envolvidos na redução da VFC de repouso, com o envelhecimento, alguns autores relatam que essa pode estar diretamente associada à diminuição na atividade vagal sobre o coração (GAUTSCHY et al.1986; PAGANI et al., 1986; LIPSITZ et al., 1990; SEALS et al., 1994; JENSEN-URSTAD et al., 1997), com conseqüente predomínio da atividade simpática (SHANNON et al., 1987; De MEERSMAN, 1993; PERINI et al. 2000).

Entretanto, outros autores sugerem que ocorram reduções da atividade de ambos os componentes do sistema nervoso autônomo cardíaco, mantendo assim inalterado o balanço simpato-vagal com o envelhecimento (PAGANI et al., 1986; LIPSITZ et al., 1990; JENSEN-URSTAD, 1997). Essas considerações são de extrema importância, já que a baixa VFC está diretamente relacionada com altas taxas de morbidade e mortalidade cardiovascular (De MEERSMAN, 1993; BIGGER et al., 1992).

Considerando-se, ainda, que o comportamento da FC, sincronizada com o ciclo respiratório, está na dependência da atividade vagal, e a mesma apresenta-se reduzida em sujeitos idosos (GAUTSCHY et al., 1986; PAGANI et al., 1986; LIPSITZ et al., 1990; SEALS et al., 1994; JENSEN-URSTAD et al., 1997) e meia-idade (SANTOS et al., 2003), a magnitude da ASR também será influenciada pelo processo de envelhecimento, sendo menor em idosos quando comparado a jovens (HIRSCH & BISHOP, 1981; SMITH, 1982; O'BRIEN et al., 1986; SHANNON, 1987, De MEERSMAN, 1993).

Além disso, ambos os índices da ASR parecem possuir correlação negativa com o processo de envelhecimento (HIRSCH & BISHOP, 1981; SMITH, 1982; GAUTSCHY et al., 1986; O'BRIEN et al., 1986; SHANNON et al., 1987; BYRNE et al., 1996). Hirsch & Bishop (1981) e Shannon et al (1987) observaram reduções importantes da ASR até, aproximadamente, a terceira década de vida, sendo que após essa idade, essa se manteve inalterada. No entanto, outros autores encontram uma tendência linear de redução da ASR com o aumento da idade (SMITH, 1982; GAUTSCHY et al., 1986; O'BRIEN et al., 1986; BYRNE et al., 1996, SANTOS et al., 2003).

Alguns estudos tentaram padronizar valores normais para ambos os índices da ASR, além de estimar valores considerados determinantes para o

diagnóstico de disfunção autonômica. Ao avaliar indivíduos diabéticos, Sundkvist, Almer & Lilja (1979), observaram valores inferiores de E/I (<1,1) e de  $\Delta$  I-E (<10 bpm), naqueles com disfunção diagnosticada, sugerindo assim que a avaliação da magnitude da ASR é importante na identificação dessa alteração. Similarmente, Smith (1982) encontrou baixos valores dos mesmos índices em diabéticos portadores de disfunção autonômica, em comparação com os indivíduos saudáveis da mesma idade. Esses achados são importantes para a prática clínica, no entanto, os valores de E/I relatados na literatura como normais devem ser cuidadosamente analisados, já que vários fatores podem influenciar na magnitude da ASR (i.e., frequência respiratória, volume corrente, constituição física e idade). Portanto, a extrapolação desses valores para qualquer tipo de população pode levar a interpretação errônea desses índices.

Com relação ao efeito do treinamento físico aeróbio sobre a VFC de repouso, resultados conflitantes são encontrados na literatura. Enquanto alguns estudos referiram aumentos na VFC (De MEERSMAN, 1993; LEVY et al., 1998; STEIN et al., 1999; MELANSON, 2000; MELANSON & FREEDSON, 2001; GREGOIRE et al., 1996; SCHUIT et al., 1999; PICHOT et al., 2002, CARTER et al., 2003; LEICHT, ALLEN & HOEY, 2003b; TULPPO et al., 2003), outros não encontraram nenhuma alteração da mesma, entre as situações pré e pós-treinamento (BOUTCHER & STEIN, 1995; LEICHT, ALLEN & HOEY, 2003a, CATAI et al., 2002).

As diferentes metodologias usadas nos estudos envolvendo a VFC e o treinamento físico aeróbio, prejudicam a interpretação dos reais efeitos do exercício físico sobre o controle autonômico da FC. Os estudos de caráter transversal mostram que os indivíduos ativos apresentam maior VFC em comparação a

indivíduos sedentários, sejam esses jovens (MELANSON 2000) ou idosos (De MEERSMAN, 1993). Contrariamente, Gregoire et al. (1996) e Migliaro et al. (2001) não encontraram diferenças significativas entre o controle autonômico da FC de jovens ativos e sedentários, demonstrando que, em indivíduos jovens, a VFC não está relacionada com o nível de aptidão física.

Nos estudos de caráter longitudinal, os resultados mostram que as modificações da VFC estão na dependência da faixa etária dos indivíduos, e ainda, da intensidade e da duração do treinamento físico. Estudos de longa duração, abrangendo tempo superior a 6 meses de treinamento aeróbio, envolvendo indivíduos idosos mostraram aumento da VFC (LEVY et al., 1998; STEIN et al., 1999). No entanto, estudos de curta duração, abrangendo períodos de treinamento entre 2 e 4 meses não encontram modificações na VFC de indivíduos jovens (CATAI et al., 2002; LEICHT ALLEN & HOEY, 2003a) e meia-idade (BOUTCHER & STEIN, 1995; CATAI et al., 2002; LEICHT ALLEN & HOEY, 2003a). Contrariamente, outros estudos de curta duração observaram melhora do controle autonômico da frequência cardíaca, principalmente do componente vagal, de indivíduos jovens (MELANSON & FREEDSON, 2001; PICHOT et al., 2002; CARTER et al., 2003; LEICHT, ALLEN & HOEY, 2003b; TULPPO et al., 2003) e meia-idade (CARTER et al, 2003).

Portanto, a intensidade, duração e a frequência do treinamento aeróbio parecem ter relação direta com as modificações observadas na VFC, entretanto, as características individuais (fatores genéticos, aptidão física, gênero, idade e doenças crônicas associadas etc), possuem papel relevante na determinação da magnitude dessas alterações (MELANSON, 2000).

Considerando-se, então, que o processo de envelhecimento produz modificações no sistema cardiovascular, a avaliação da influência da atividade física

regular sobre o mesmo é de grande importância, principalmente levando-se em conta que o alto risco de morbidade e mortalidade cardiovasculares estão diretamente associados a reduções tanto na capacidade funcional aeróbia, como na VFC (BIGGER et al., 1992; CATAI et al., 2002).

A partir dos estudos previamente levantados, o presente trabalho se justifica no sentido de trazer contribuições adicionais em relação aos efeitos de longos períodos de atividade física regular, sobre o controle autonômico da FC e o envelhecimento, uma vez que o último contribui para a redução da capacidade funcional, associada ao aumento dos fatores de risco para as doenças crônicas degenerativas, reduzindo assim a expectativa e a qualidade de vida da população idosa.

Assim, o presente estudo teve como objetivos:

- ❖ Avaliar e comparar a VFC no domínio do tempo e da frequência em repouso e os índices da manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória (MASR), ambos na posição supina, de homens jovens e idosos saudáveis, com diferentes estilos de vida;
- ❖ Correlacionar a idade com as diferentes variáveis estudadas, tanto para os indivíduos sedentários como para os ativos.

## **2. CASUÍSTICA E MÉTODOS**

## **2. CASUÍSTICA E MÉTODOS**

### **2.1. Aspectos éticos do estudo:**

Este estudo de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, parecer 061/2003 (Apêndice 1).

Todos os voluntários foram informados sobre os procedimentos experimentais aos quais seriam submetidos, do caráter não-invasivo dos testes, bem como do fato destes não afetarem sua saúde. Foram também esclarecidos quanto ao sigilo das informações colhidas durante a realização do trabalho, resguardando suas identidades. Após concordarem em participar da pesquisa, cada voluntário leu e assinou o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 2), conforme a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

### **2.2. Local de realização do estudo:**

Os testes foram realizados no Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico (NUPEF) do Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e no Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Cardiovascular e de Provas Funcionais da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP).

### **2.3. Voluntários estudados**

Foram estudados 41 voluntários do sexo masculino, saudáveis e não fumantes. Os voluntários foram divididos em quatro grupos, de acordo com a idade (jovens e idosos) e com o estilo de vida (sedentários ou ativos) em: jovens sedentários (JS, n=9), jovens ativos (JA, n=16), idosos sedentários (IS; n=8) e idosos ativos (IA; n=8), cujas idades e características antropométricas estão apresentadas nas tabelas II, III, IV e V, do apêndice 4, respectivamente. O grupo JA realizavam atividades recreativas (futebol, corrida, natação e ciclismo), 2 vezes por semana, enquanto que o grupo IA realizavam atividade física regular (corrida, natação, ciclismo e caminhada) há 15 anos, 4 dias por semana e com duração de 60 min por sessão (em mediana).

### **2.4. Critérios de exclusão**

No presente trabalho, o sexo feminino foi excluído devido à dificuldade de controlar vários fatores que poderiam, de certa forma, influenciar nos resultados, por exemplo, fase do ciclo menstrual, utilização ou não de terapia medicamentosa (anticoncepcionais ou terapia de reposição hormonal), menopausa, entre outros (RIBEIRO et al., 2001; WILMORE & COSTILL, 2001).

Para população estudada na presente investigação, ou seja, indivíduos do sexo masculino, adotaram-se como critérios de exclusão dos voluntários jovens evidências de anormalidades nos exames realizados: ECG convencional em repouso, teste ergométrico (tabela IX, apêndice 4) e/ou exames laboratoriais.



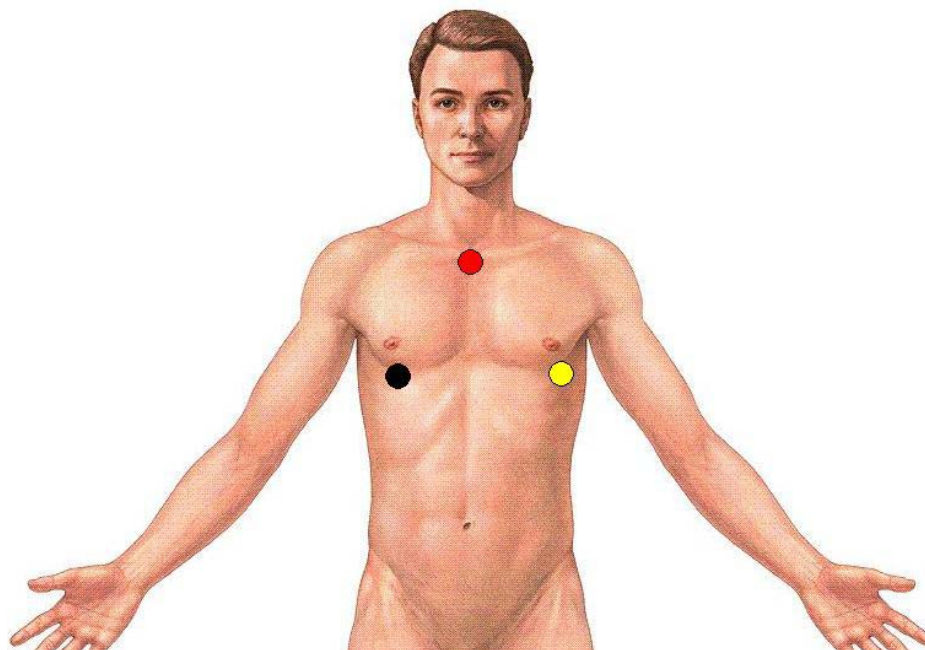
Levando-se em consideração as alterações fisiológicas do processo de envelhecimento, para os voluntários idosos, foram utilizados os mesmos critérios de exclusão citados acima, mas permitindo a participação daqueles que apresentassem: arritmias esporádicas e isoladas (no caso 3 voluntários apresentaram batimento ventricular prematuro e 1 voluntário batimento atrial prematuro durante a realização do protocolo I), bloqueios no sistema de condução que não interferissem na frequência dos ciclos cardíacos (1 voluntários possuía bloqueio de ramo E e 3 bloqueio divisional antero superior esquerdo), valores limítrofes de pressão arterial (PA) segundo IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial (2002) (PA=130-139/85-89 mmHg). Para ambos os grupos estudados, foram excluídos aqueles com problemas no sistema osteomioarticular, que comprometessem o desempenho na realização do protocolo I, problemas de outros sistemas orgânicos que afetassem e/ou contra-indicassem a participação do indivíduo no estudo, utilização de qualquer medicação que tivesse repercussão em algum sistema orgânico, fumantes, etilistas e usuários de drogas que causem dependência química, assim como a não autorização da utilização dos dados por parte do voluntário da pesquisa.

## **2.5. Avaliação clínica e fisioterapêutica**

A avaliação clínica e fisioterapêutica (apêndice 3) constaram dos seguintes itens:

- a) Anamnese constando de dados pessoais, hábitos de vida diária, história pregressa e familiar, presença de patologias atuais e pregressas;

- b) Exame físico e inspeção geral e aferição da FC, PA em repouso, peso corporal, altura, avaliação postural e muscular geral, ausculta cardíaca e pulmonar;
- c) Exames laboratoriais complementares: perfil lipídico (colesterol total, VLDL-c, LDL-c, HDL-c e triglicerídeos), hemograma completo, glicemia de jejum, ácido úrico, uréia e a creatinina e urina tipo 1.
- d) Eletrocardiograma (ECG) convencional de 12 derivações, realizado em repouso na posição supina;
- e) ECG nas derivações MC5, DII e V2 modificadas (figura 1) nas posições supina, sentada e em hiperventilação com os eletrodos dispostos da seguinte maneira:
- ❖ MC5: o eletrodo negativo (vermelho) posicionado no ápice do manúbrio esternal, o eletrodo positivo (amarelo) no quinto espaço intercostal na direção da linha axilar anterior esquerda (correspondente a V5) e o eletrodo neutro (preto) posicionado no quinto espaço intercostal direito.
  - ❖ DII: o eletrodo negativo (vermelho) posicionado no mesmo espaço esquerdo na linha axilar anterior; para V2, o eletrodo positivo (amarelo) posicionado no quarto espaço intercostal esquerdo e o neutro (preto) no quinto espaço intercostal direito.
  - ❖ V2: o eletrodo positivo (azul) no quarto espaço intercostal à esquerda do esterno.



**Figura 1.** Ilustração do posicionamento dos eletrodos negativo (vermelho), positivo (amarelo) e neutro (preto) para a captação do eletrocardiograma na derivação MC5.

## **2.6. Preparação e controle ambiental da sala de experimentos**

Na sala onde foram realizados os experimentos as condições ambientais foram controladas artificialmente, de forma que a temperatura e a umidade relativa do ar variassem de 20 a 23°C e de 40 a 60%, respectivamente. As medidas de umidade relativa do ar e temperatura foram aferidas por meio de um higrômetro (Hygrometer Thermo Clock – Templec™). O controle da temperatura foi realizado por um aparelho de ar condicionado (Mini Split – Tempstar). Para verificação da pressão barométrica foi utilizado um barômetro de Torricelli.

Com o objetivo de preparar a sala de experimentos e garantir que as condições ambientais pré-teste fossem ideais, os pesquisadores chegavam cerca de

1 hora antecipadamente ao laboratório. Neste tempo eram realizados os procedimentos de calibração de todos os equipamentos utilizados nos testes, bem como a organização de todos os utensílios e acessórios que seriam usados.

Na preparação dos voluntários para a realização dos testes, foram realizadas a limpeza e abrasão da pele e, quando necessária, a tricotomia dos pelos, para a adequada colocação dos eletrodos de registro de ECG. A limpeza e abrasão da pele foram realizadas utilizando-se álcool e algodão.

Após estes procedimentos os voluntários permaneciam cerca de 15 minutos em repouso na posição supina para que as variáveis cardiovasculares, pressão arterial (PA) e FC estivessem adaptadas às condições ambientais e o voluntário relaxado e preparado para o teste.

## **2.7. Seqüência da realização dos testes**

Foram realizados os seguintes protocolos, em dias diferentes:

- a) Protocolo I: teste de exercício físico dinâmico contínuo do tipo degrau (TEFDC-D);
- b) Protocolo II: VFC de repouso
- c) Protocolo III: manobra para acentuar a ASR.

## **2.8. Planejamento geral dos experimentos**

Previamente à realização dos protocolos experimentais, os voluntários foram submetidos a testes pilotos com o objetivo de familiarizá-los com equipamentos, protocolos e pesquisadores responsáveis pelos testes.

No dia anterior a todos os experimentos, foi solicitado aos voluntários que não realizassem esforços extenuantes, procurassem alimentar-se bem, não ingerissem bebidas alcoólicas, dormissem bem (tempo e qualidade de sono). No dia da realização dos testes foi solicitado que evitassem realizar esforços extenuantes, não ingerissem bebidas estimulantes (chá, café, chocolate, álcool), fizessem uma refeição leve até 2 horas antes do teste, vestissem bermuda ou short e calçassem um tênis confortável.

No protocolo que envolvia o teste de esforço dinâmico (protocolo I), realizado em cicloergômetro, foi solicitado aos voluntários que mantivessem a frequência da pedalada em 60 rotações por minuto (rpm) durante todo o teste, não realizassem contrações isométricas com os membros superiores ao segurar o guidão da bicicleta e não se comunicassem desnecessariamente com os avaliadores, sendo, também, orientados a comunicar os avaliadores caso notassem alterações no seu estado geral (tontura, turvação visual, náusea, cefaléia, dor torácica, dor músculo-esquelética etc).

Os testes foram realizados sempre no mesmo período do dia, de modo a considerar as influências do ciclo circadiano. Os voluntários deveriam apresentar-se em boas condições de saúde, não estarem fazendo uso de medicamento e tivessem disponibilidade de horário para a realização dos mesmos. O protocolo I foi realizado no período noturno, devido à disponibilidade de horário do cardiologista, enquanto que os protocolos II e III foram realizados no período vespertino-noturno.

## 2.9. Protocolos experimentais

### 2.9.1 Protocolo I: Teste de exercício físico dinâmico contínuo do tipo degrau.

Este protocolo foi realizado com o propósito de avaliar as condições clínicas e funcionais do sistema cardiovascular, sendo que as anormalidades de suas respostas foram também consideradas como critério de exclusão do estudo.

Os testes foram conduzidos por um cardiologista e teve auxílio do pesquisador. As indicações para interrupção do teste (FARDY, YANOWITZ & WILSON, 1998; FROELICHER et al, 1998; SILVA & CATAI, 2000; FLETCHER et al., 2001), além do alcance da FC máxima calculada a partir da fórmula de Karvonen (FC máxima:  $220 - \text{idade}$ ), foram divididas em:

a) Absolutas:

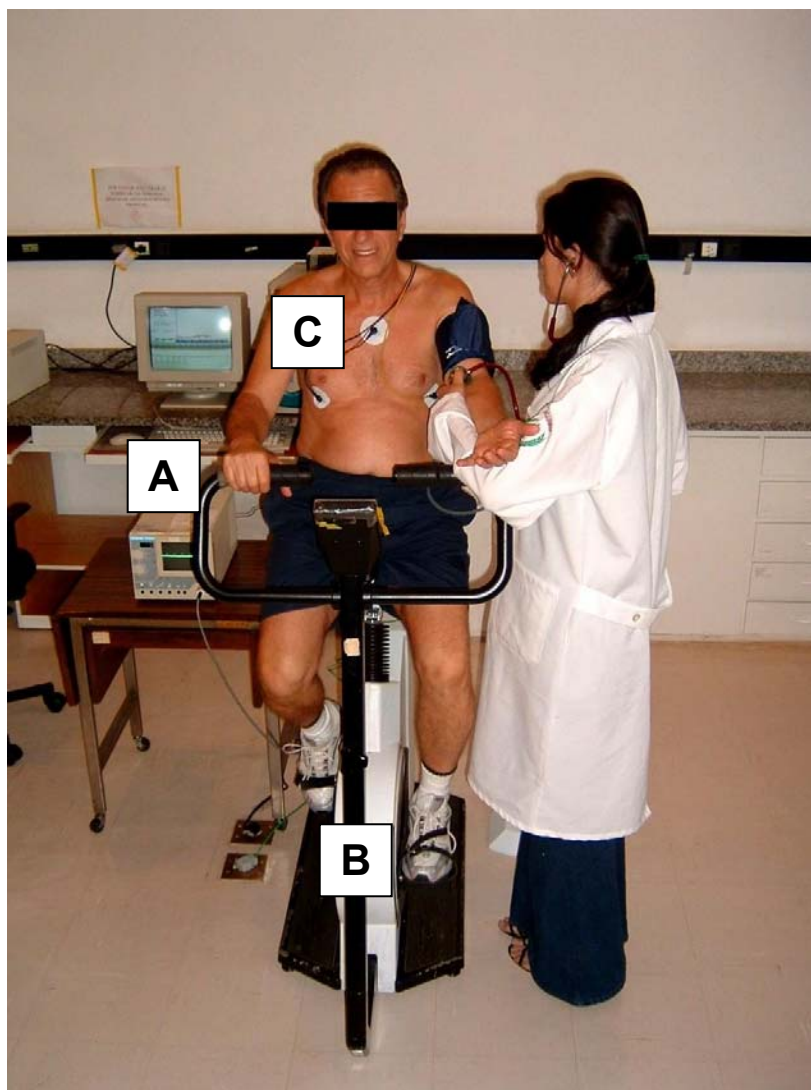
- ❖ Elevação do segmento ST ( $> 1,0\text{mm}$ ) em derivações sem onda Q (exceto V1 e aVR).
- ❖ Queda persistente da PAS ( $> 10 \text{ mmHg}$ ) com aumento da carga de trabalho, acompanhada por sinais ou sintomas.
- ❖ Angina acima de 2+ numa escala de 1 a 4+.
- ❖ Arritmias graves (bloqueio atrioventricular de segundo ou terceiro grau, taquicardia ventricular sustentada)
- ❖ Sinais de má perfusão, incluindo palidez, cianose e pele fria e úmida.
- ❖ Sintomas nervosos centrais, incluindo ataxia, vertigem, problemas visuais e confusão.
- ❖ Problemas técnicos com a monitorização de quaisquer parâmetros.
- ❖ Pedido do voluntário.

b) Relativas:

- ❖ Alterações pronunciadas do ECG quando comparado com o basal, incluindo elevação ou infradesnível (horizontal ou descendente) do segmento ST (> 2,0 mm).
- ❖ Dor torácica crescente.
- ❖ Fadiga pronunciada e dispnéia.
- ❖ Câmbras nos membros inferiores.
- ❖ Resposta hipertensiva (PAS > 250 mmHg e PAD > 115 mmHg)
- ❖ Arritmias menos graves (por exemplo: taquicardia supraventricular).
- ❖ Bloqueio de ramo induzido pelo exercício que não possa ser distinguido de taquicardia ventricular

Previamente ao início do esforço foram realizadas medidas de PA e FC nas posições supina e sentada.

O protocolo I foi realizado em cicloergômetro de frenagem eletromagnética (Corival Ergometer 400), na posição sentada, com flexão de joelho entre 5 e 10 graus, sendo que o incremento de potência era controlado externamente por microprocessador modelo Workload Programm, ambos da marca Quinton (Groningen, Netherlands). A montagem do protocolo I está ilustrada na figura 2

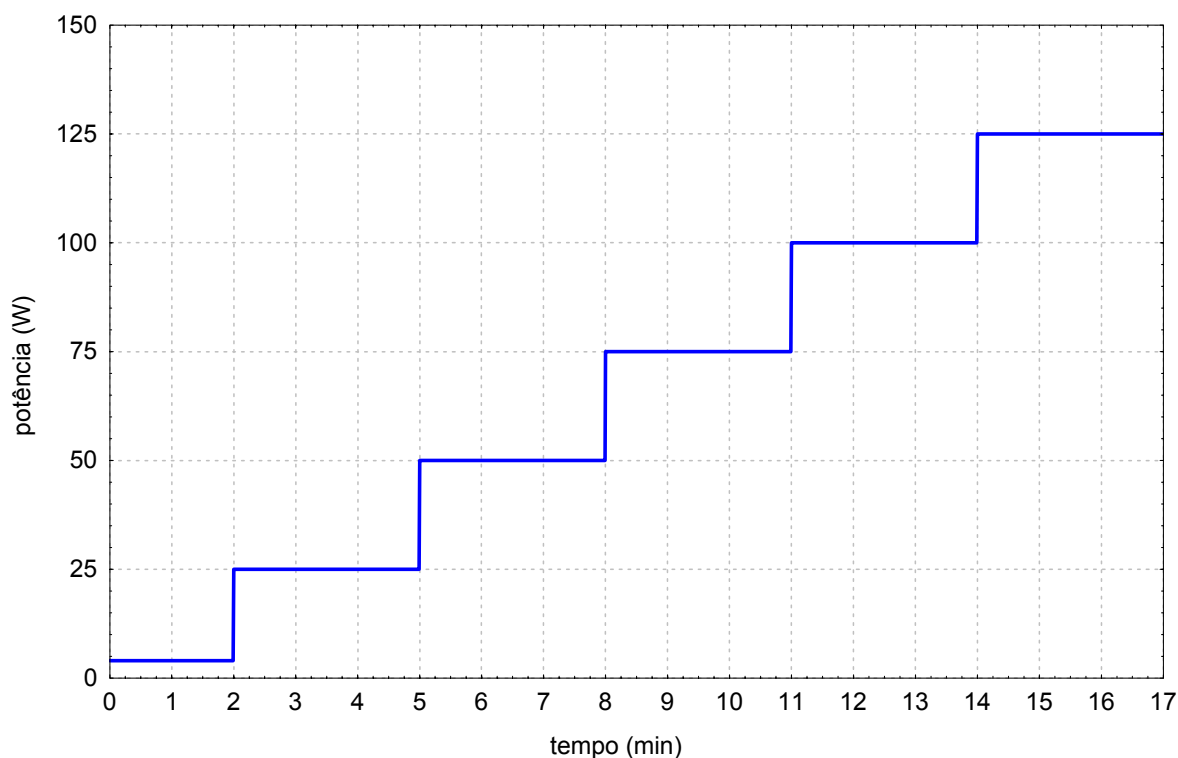


**Figura 2.** Ilustração da montagem experimental do protocolo I. A: monitor cardíaco, B: cicloergômetro de frenagem eletromagnética, C: posicionamento dos eletrodos de superfície do eletrocardiograma.

O protocolo tinha início com potência de aquecimento de 4 Watts (W) durante um período de 2 minutos e após este período foram incrementados 25 W a cada 3 minutos, até a exaustão física ou o surgimento de sinais e/ou sintoma limitantes, como referido anteriormente. O esquema do protocolo I está representado na figura 3. Durante o teste, os voluntários foram também monitorizados continuamente nas derivações MC5, DII e V2 modificadas e as aferições da FC, da



PA e o registro eletrocardiográfico foram realizados nos 30 segundos finais de cada nível de potência e no 1°, 3°, 6° e 9° minutos de recuperação.



**Figura 3.** Representação esquemática do teste de exercício físico dinâmico contínuo do tipo degrau, com carga de aquecimento de 4 Watts (W), durante 2 minutos e incrementos de 25 em 25 W a cada 3 minutos, até a exaustão física do voluntário.

A frequência cardíaca foi monitorizada por meio de um monitor cardíaco (ECAFIX TC 500), sendo utilizado eletrodos de carbono ativado (Carbocone VERSATEC MFG INC – USA). Para a aferição da PA pelo método auscultatório na artéria braquial foi utilizado um esfigmomanômetro (TYKOS) e um estetoscópio (LITTMANN), sendo a pressão arterial sistólica (PAS) determinada no momento do aparecimento do primeiro som (fase I de Korotkoff) e a pressão arterial diastólica (PAD) no desaparecimento do som (fase V de Korotkoff).

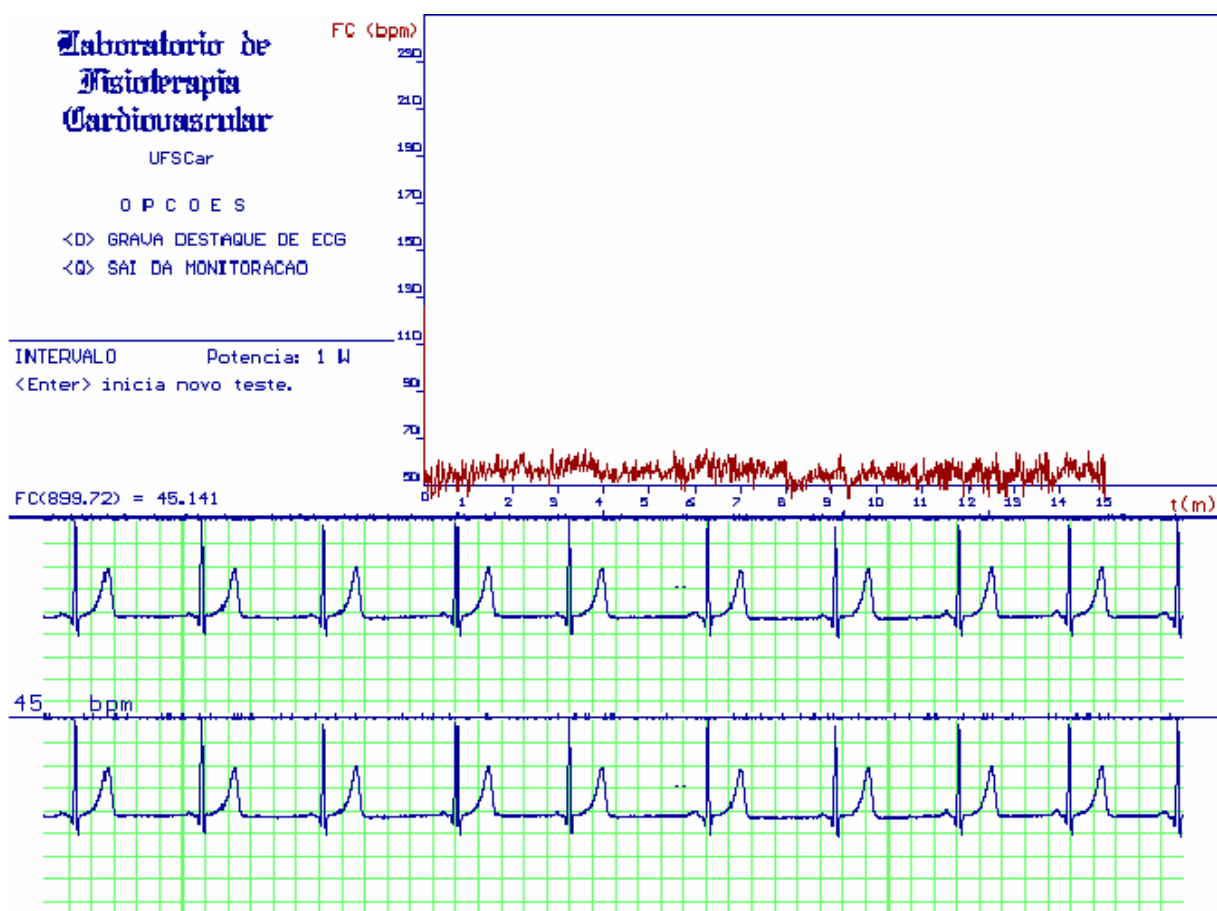
Após o término do período de recuperação, com o voluntário na posição supina, foi realizado um novo registro do ECG convencional de 12 derivações.

## **2.9.2. Protocolos II e III**

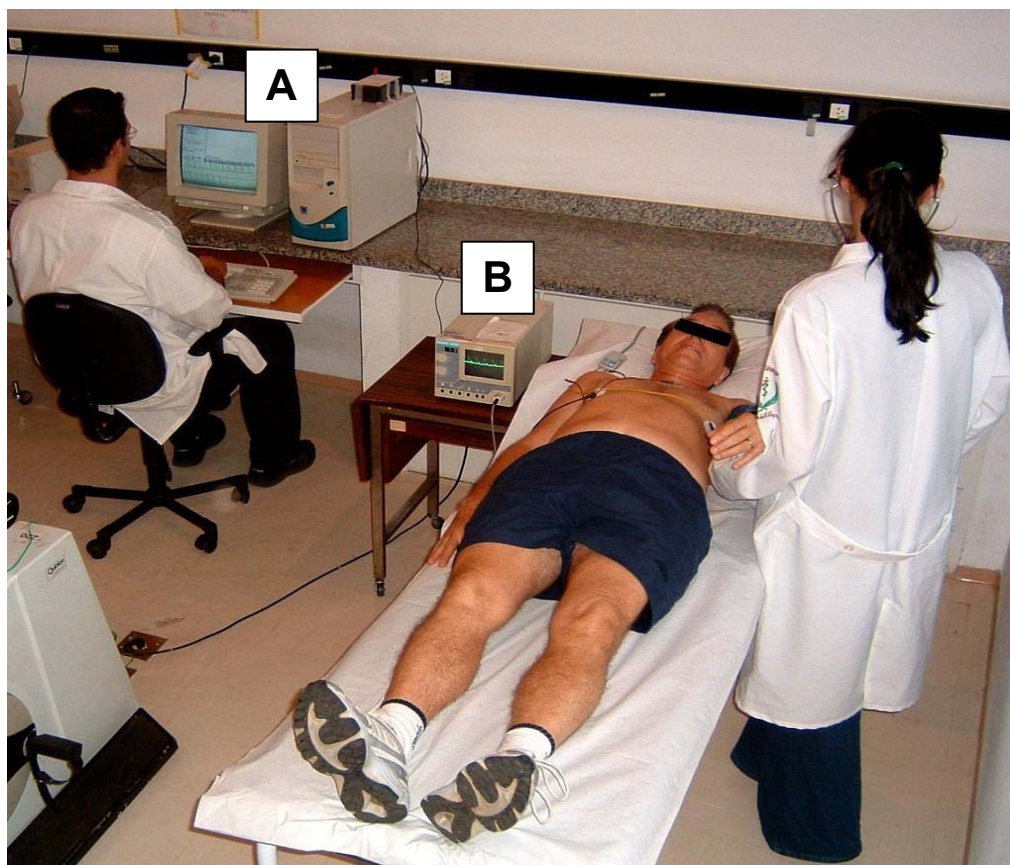
### **2.9.2.1. Procedimento para captação da frequência cardíaca**

A frequência cardíaca, batimento a batimento, foi obtida e calculada por meio da captação dos intervalos R-R (iR-R) do eletrocardiograma, na derivação MC5, como descrito anteriormente (Figura 1). Esta disposição de eletrodos foi escolhida com a finalidade de se obter a maior amplitude das ondas R e menores amplitudes das ondas T do sinal do ECG, evitando a obtenção de artefatos durante o registro.

Os sinais eletrocardiográficos foram captados por um monitor cardíaco de 1 canal (Ecafix TC500) e processados por meio do conversor analógico digital (PCI7030/640E, National Instruments), que constitui a interface entre o monitor cardíaco e o microcomputador *Pentium* III 550MHz. A FC foi obtida a partir do cálculo dos iR-R do ECG (figura 4) por meio do software específico (SILVA et al., 1994) que permitia o armazenamento e posterior manipulação dos arquivos para análise e impressão de relatórios. A figura 5 ilustra a montagem experimental do protocolo II e III.



**Figura 4.** Ilustração da aquisição dos dados da frequência cardíaca, batimento a batimento em tempo real, obtida a partir dos intervalos R-R do eletrocardiograma na condição de repouso supino de um dos voluntários do grupo jovem ativo (GMLS).



**Figura 5.** Ilustração da montagem experimental. A: computador com o software de aquisição dos dados de frequência cardíaca; B: monitor cardíaco.

#### **2.9.2.2. Protocolo II: VFC de repouso**

Este teste teve como objetivo avaliar a modulação autonômica da resposta da frequência cardíaca a partir de sua variabilidade (VFC) durante o repouso na posição supina.

Os voluntários foram orientados a manter-se em repouso, evitando conversar com os experimentadores. Após um período de 10 min de repouso, iniciava-se a coleta da FC, como descrito anteriormente, durante 15 min na posição supina, mantendo a respiração espontânea.

### 2.9.2.3. Protocolo III: manobra para acentuar a ASR

Este teste teve como o objetivo avaliar a integridade do controle autônomo da FC, na posição supina, a partir das respostas da mesma frente à manobra para acentuar a resposta da ASR.

Após a realização do protocolo II, permanecendo na posição supina, os voluntários foram submetidos a duas séries da MASR, sendo essa composta de 1 min de repouso, seguidos de 4 min de manobra e 1 min de recuperação. Durante a MASR os mesmos foram orientados a respirarem profundo e lentamente, de forma que cada ciclo respiratório tivesse 10 seg de duração, ou seja, 5 min de inspiração e 5 min de expiração, e conseqüentemente mantendo o ritmo respiratório correspondente entre 5 a 6 ciclos por min. Os voluntários controlaram a frequência respiratória utilizando tanto *feedback* visual, por meio de um relógio de ponteiros, como *feedback* verbal fornecido pelo experimentador. O *feedback* verbal foi realizado em tempo real, baseado na observação visual do sinal ECG mostrado pela tela do microcomputador, o qual confirmava se o ciclo respiratório era mantido entre 5 a 6 ciclos por min. Ao final da MASR, os voluntários eram orientados a respirarem espontaneamente, durante 1 min de recuperação. Entre cada MASR, foi dado um período de repouso para que a FC retornasse aos valores da condição inicial.

A figura 6 ilustra a tela de captação da FC, obtida a partir do cálculo dos iR-R do ECG, por meio do software específico (SILVA et al., 1994) utilizado no presente estudo, durante a realização do protocolo II.



**Figura 6.** Ilustração da aquisição dos dados da frequência cardíaca, batimento a batimento, em tempo real, obtida a partir dos intervalos R-R do eletrocardiograma durante a manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória de um dos voluntários estudados (GMLS).

## 2.10. Metodologia de análise dos dados

### 2.10.1. Análise da resposta da frequência cardíaca e de sua variabilidade na condição de repouso.

#### 2.10.1.1. Análise no domínio do tempo

Inicialmente foi realizada uma inspeção visual da distribuição dos  $iR-R$  (ms) obtidos nos 15 minutos de coleta na condição supina, para a seleção dos

trechos com maior estabilidade do traçado dos iR-R do ECG. Em seguida os mesmos foram analisados, desde que compreendessem, no mínimo, 5 minutos registro.

Nesse período selecionado foram calculadas as médias dos dados de FC e dos iR-R (ms), além do índice no domínio do tempo: RMSSD dos iR-R. De acordo com Antila (1979), o índice RMSSD (equação 1), corresponde a raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os iR-R no registro divididos pelo número de iR-R em um tempo determinado menos um iR-R.

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

#### 2.10.1.2. Análise no domínio da frequência

A análise da VFC no domínio da frequência (DF) foi realizada nos dados coletados nas condições de repouso supino, no mesmo trecho selecionado para a análise no domínio do tempo.

Para isso, foi aplicado um modelo auto-regressivo (AR) aos dados da série temporal. A ordem do modelo AR foi definida pelo critério de Yule-Walker, implementado por meio de rotina específica desenvolvida para este fim, e aplicada utilizando-se o aplicativo “S-PLUS for Windows 4.5, Professional Release 2, MathSoft, Inc. (1998)”.

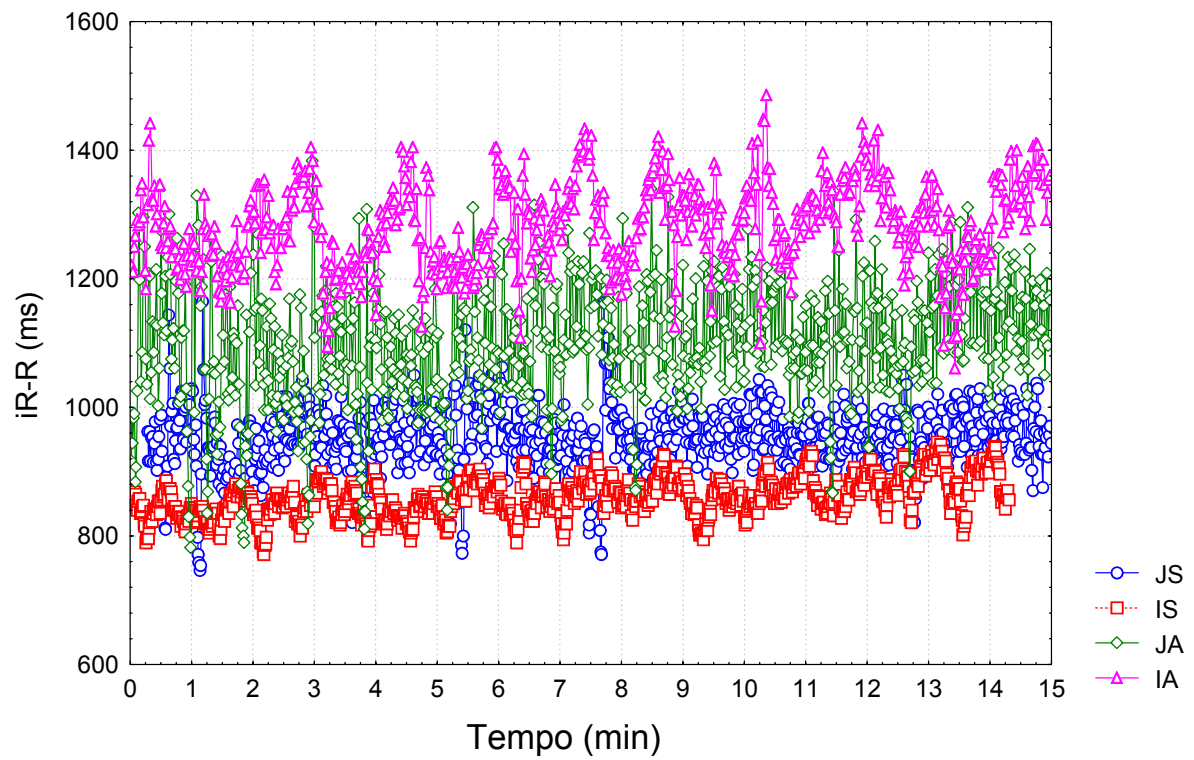
Por meio da análise espectral foram obtidas as bandas de muito baixa frequência (MBF), de baixa frequência (BF), e de alta frequência (AF). Em nosso

estudo utilizamos duas faixas de frequência que melhor representam a atuação dos componentes vagal e simpático no controle da FC, ou seja, faixa BF, correspondendo de 0,04 a 0,15 Hz e a faixa de AF, que corresponde de 0,15 a 0,4 Hz (TASK FORCE, 1996).

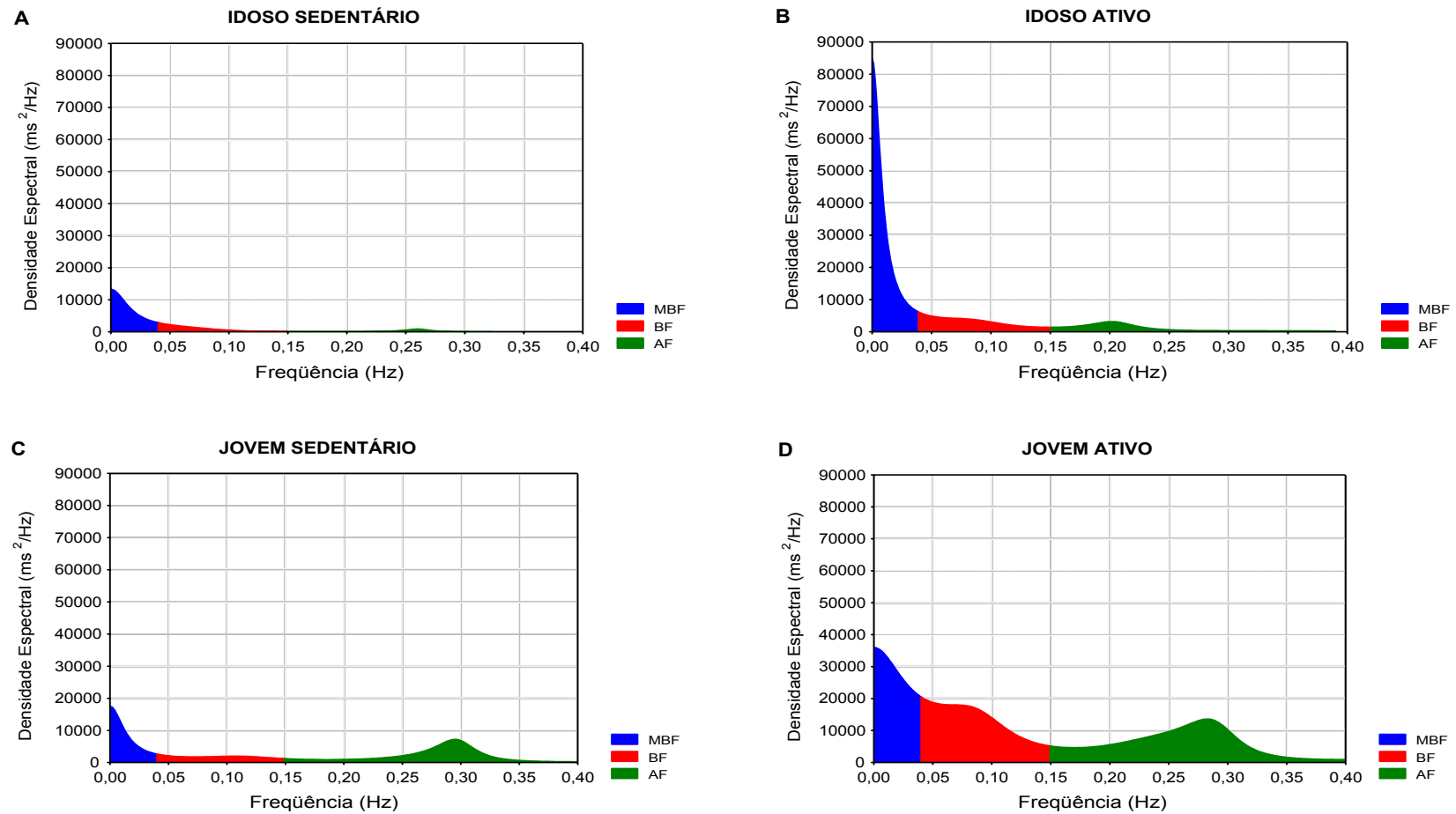
Os componentes de BF e de AF foram expressos em unidades absolutas e normalizadas (BFun e AFun). As unidades normalizadas correspondem a divisão da densidade espectral de potência de um dado componente (i.e., BF ou AF) pela subtração do componente de MBF do espectro total de potência, multiplicado por 100 (MALLIANI et al, 1991; TASK FORCE, 1996). Tais componentes ainda foram expressos como a razão entre as áreas absolutas de baixa e alta frequência (razão BF/AF), que é indicativo do balanço simpato-vagal.

As figura 7 e 8 ilustram, respectivamente, a série temporal dos iR-R (ms) e a análise espectral correspondente aos iR-R, registrados durante 15 minutos em tempo real de 1 representante de cada grupo estudado.





**Figura 7.** Ilustração da série temporal em intervalos R-R na posição supina em 15 minutos de coleta do ECG de um voluntário de cada grupo estudado: JS (jovem sedentário), IS (idoso sedentário), JA (jovem ativo) e IA (idoso ativo).



**Figura 8.** Ilustração da análise espectral dos intervalos R-R na posição supina em 15 minutos de coleta do ECG, mostrando as bandas de muito baixa frequência (azul), de baixa frequência (vermelho) e de alta frequência (verde) de um voluntário de cada grupo estudado. Em A: idoso sedentário, B: idoso ativo, C: jovem sedentário e D: jovem ativo.

## **2.10.2. Análise da resposta da frequência cardíaca a manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória (MASR)**

### **2.10.2.1. Análise no domínio da frequência**

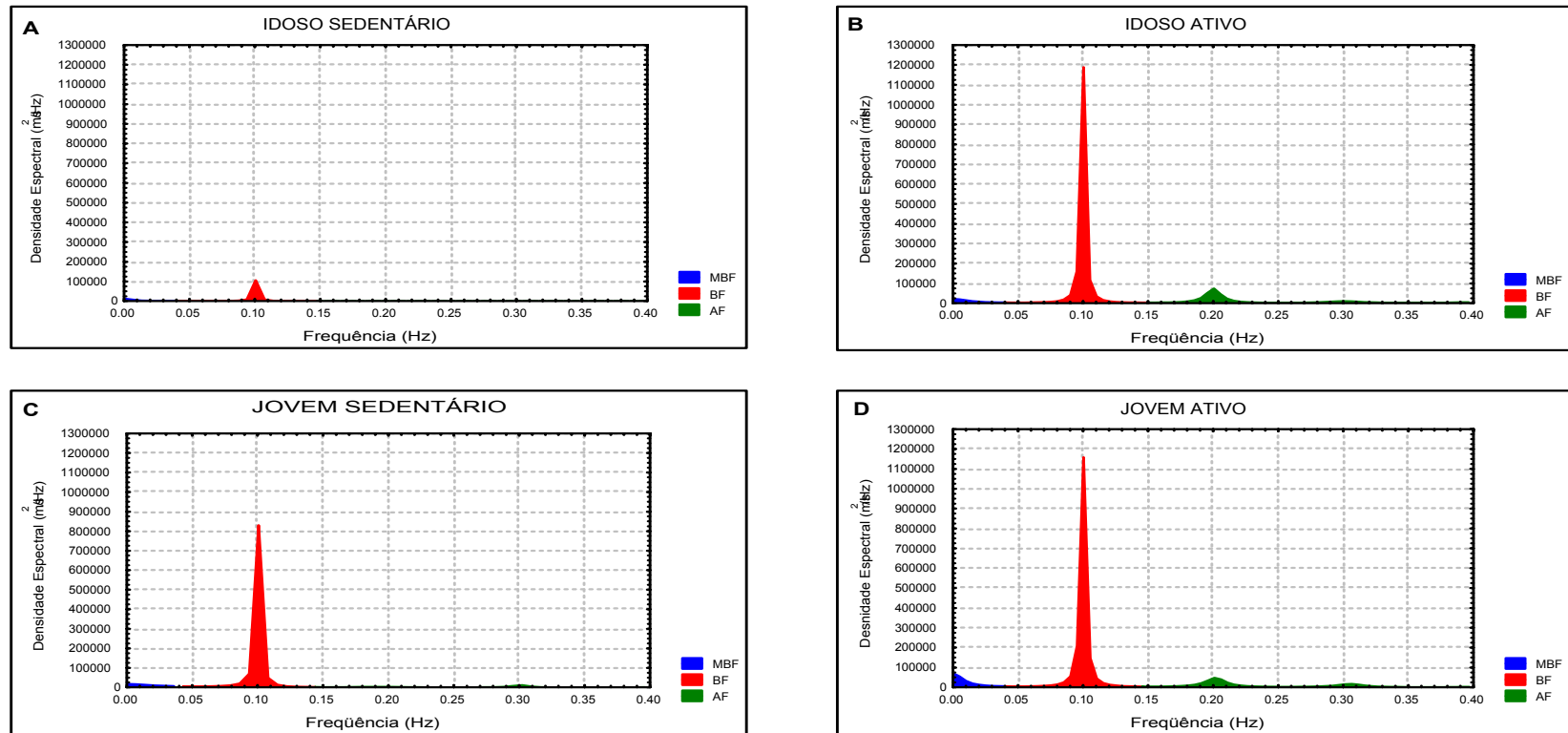
No DF, a análise dos dados coletados durante 4 min da MASR foi realizada no trecho onde o sinal se encontrasse mais estável. A figura 6 ilustra a tela de aquisição do sinal eletrocardiográfico e a FC, batimento a batimento, em tempo real, durante a MASR.

Para a análise do iR-R, foi aplicado um modelo auto-regressivo (AR) aos dados da série temporal. A ordem do modelo AR foi definida pelo critério de Yule-Walker, implementado por meio de rotina específica desenvolvida para este fim, e aplicada utilizando-se o aplicativo “S-PLUS for Windows 4.5, Professional Release 2, MathSoft, Inc. (1998)”.

Por meio da análise espectral foram obtidas as bandas de muito baixa frequência (MBF), de baixa frequência (BF), e de alta frequência (AF). A partir daí, o espectro dessa era analisado visualmente, como o objetivo de confirmar se o voluntário manteve a FR entre 5 a 6 ciclos/minutos, o que graficamente era representado por um “pico” no espectro de potência compreendido na faixa de 0,084 a 0,1 Hz. A figura 9 representa o espectro de potência da ASR de 1 voluntário de cada grupo estudado.

É importante ressaltar que, esse tipo de análise realizada nos dados eletrocardiográficos coletados durante a MASR, foi utilizada somente com o objetivo de confirmar se os voluntários estavam mantendo a frequência respiratória (entre 5 a

6 ciclos/minutos), ou seja, dentro da faixa de variação proposta para o presente estudo.



**Figura 9.** Ilustração da análise espectral dos intervalos R-R durante a manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória (MASR) em 6 minutos de coleta do ECG, mostrando as bandas de muito baixa frequência (azul), de baixa frequência (vermelho) e de alta frequência (verde) de um voluntário de cada grupo estudado. Em A: idoso sedentário, B: idoso ativo, C: jovem sedentário e D: jovem ativo.

### 2.10.2.2. Índices da arritmia sinusal respiratória

Os índices da arritmia sinusal respiratória foram calculados utilizando 10 ciclos respiratórios completos consecutivos, considerando o trecho de maior regularidade da FC. Após a escolha do trecho, os seguintes índices foram calculados:

- 1) Índice expiração (E)/inspiração (I) da arritmia sinusal respiratória (E/I): esse foi calculado a partir da média ( $\bar{x}$ ) dos maiores intervalos RR (IRR) obtidos durante a expiração, divididos pela média dos menores intervalos RR obtidos durante a inspiração (SUNDKVIST, ALMER & LILJA, 1979; SMITH, 1982; GAUTSCHY et al., 1986; O'BRIEN, 1986; SANTOS et al., 2003) (equação 2).

$$E/I = \frac{\bar{x} \text{ dos maiores iR-R da E}}{\bar{x} \text{ dos menores iR-R da I}} \quad (\text{equação 2})$$

- 2) Variação da frequência cardíaca inspiração-expiração ( $\Delta$  I-E): essa foi calculada a partir da diferença entre a média dos valores picos da frequência cardíaca na inspiração e a média dos mínimos valores da frequência cardíaca atingidos na expiração (SUNDKVIST, ALMER & LILJA, 1979; GAUTSCHY et al., 1986; O'BRIEN, 1986; SANTOS et al., 2003). (equação 3)

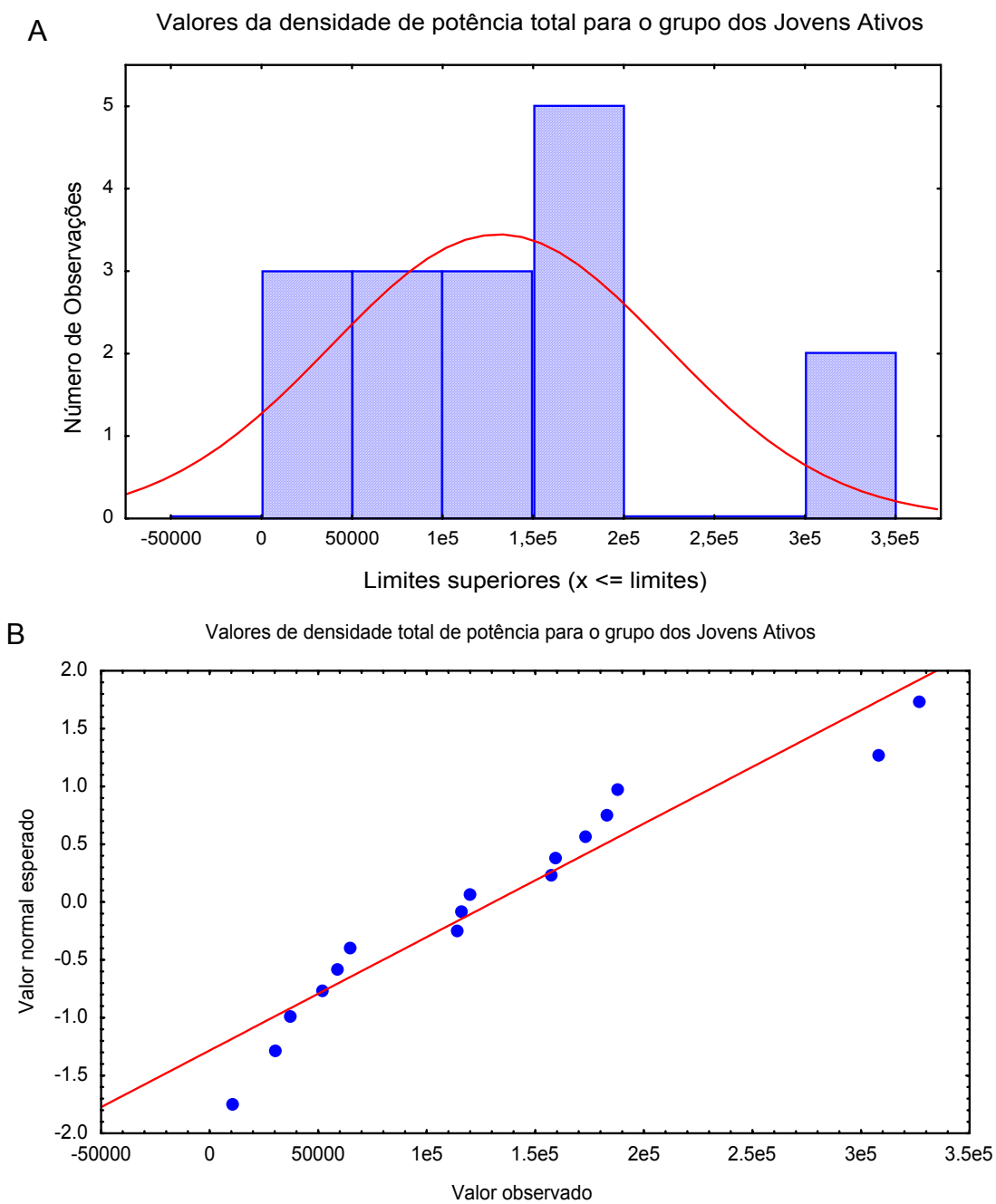
$$\Delta \text{ I-E} = \bar{x} \text{ FC inspiração} - \bar{x} \text{ FC expiração} \quad (\text{equação 3})$$

## 2.11. Metodologia estatística

Para verificar a normalidade ou não da distribuição dos dados obtidos, foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov, sendo rejeitada a hipótese de normalidade da maioria das variáveis (figura 10). Portanto, foram utilizados testes estatísticos não-paramétricos para a comparação dos dados.

Os resultados foram apresentados graficamente em “Box-plot” contendo os valores da mediana, 1º quartil (25%), 3º quartil (75%), máximos, mínimos, “outliers” e extremos, utilizando-se o aplicativo “Statistica for Windows, Release 5.1. Stat. Soft, Inc. 2000-2001”.

Para análise de significância estatística dos dados, utilizou-se o teste não-paramétrico de Mann-Whitney para as comparações inter-grupos, sendo também, utilizado o teste de correlação de Spearman para as análises de correlação entre a idade e todas as variáveis estudadas. O nível de significância estabelecido para todos os testes foi de 5%.



**Figura 10.** Análise dos valores da densidade de potência total ( $\text{ms}^2/\text{Hz}$ ), do grupo jovem ativo, quanto a distribuição dos dados. Em A está representada a curva de Gauss e o histograma do número de observações. Em B estão representados os valores observados em relação aos esperados.



### **3. RESULTADOS**

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Voluntários estudados

Nas tabelas II, III, IV e V (Apêndice 4) estão apresentados os dados individuais referentes à idade e as características antropométricas (peso em quilogramas, altura em metros e índice de massa corporal em  $\text{kg}/\text{m}^2$ ) dos voluntários estudados. Os valores medianos encontrados para estas variáveis estão apresentados na Tabela I.

Os grupos de idosos possuíam idades significativamente superiores a dos grupos jovens (Tabela I). O grupo JS apresentou maior valores estatura em comparação ao grupo IS (1,77 e 1,69 m,  $p < 0,05$ ; respectivamente). Da mesma forma, o grupo JA apresentou maior estatura e menor IMC em relação ao grupo IA (1,82 e 1,71 m; 22,4 e 24,9  $\text{kg}/\text{m}^2$ ,  $p < 0,05$ ; respectivamente).

**Tabela I.** Idade e características antropométricas dos grupos estudados.

Variáveis	Jovens		Idosos	
	Sedentários	Ativos	Sedentários	Ativos
Idade (anos)	22	22	63 <sup>+</sup>	61*
Estatura (m)	1,77	1,82	1,69 <sup>+</sup>	1,71*
Peso (kg)	72	76	70	73
ÍMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	24,1	22,4	24,8	24,9*

Os dados estão expressos em mediana, IMC= índice de massa corpórea; <sup>+</sup>  $p < 0,05$  para comparação entre os grupos sedentários; \* $p < 0,05$  para comparação entre os grupos ativos (teste de Mann-Whitney).

Os valores medianos da PAS e PAD na condição de repouso sentado (pré TEFDC-D) foram de 120 mmHg e 80 mmHg para o grupo JS, 120 mmHg e 80 mmHg para o grupo JA, e de 122 mmHg, 80 mmHg para o grupo IS e 120 mmHg e 80 mmHg para o grupo IA, sendo que estes não foram estatisticamente significantes entre todas as comparações inter-grupos ( $p>0,05$ ) (Tabela XI, apêndice 4).

### **3.2. Teste de exercício físico dinâmico contínuo do tipo degrau (TEFDC-D).**

Durante a execução do TEFDC-D, que teve por objetivo a avaliação clínica cardiológica, nenhum dos voluntários apresentou algum sinal ou sintoma que contra-indicasse a realização dos demais testes, além de todos os testes terem sido considerados negativos para isquemia miocárdica, descartando assim a presença de doença cardíaca isquêmica. Os dados referentes a este protocolo estão representado na Tabela IX do apêndice 4.

Os dados referentes ao ECG pré, durante e após o TEFDC-D, dos grupos idosos, estão apresentados na Tabela VII e VIII do apêndice 4. Na condição de repouso, foi observado 1 voluntário com bloqueio de ramo D e 3 com bloqueio divisional antero superior esquerdo. Durante a realização do esforço, 3 voluntários apresentaram batimentos ventriculares prematuros isolados enquanto em 1 observou-se batimento atrial prematuro isolado.

As variáveis FC, PAS e PAD apresentaram comportamento fisiológico durante o TEFDC-D. Os valores medianos da PAS, no pico do esforço, foram significativamente maiores para o grupo JA em comparação aos JS. No entanto, para as demais comparações intergrupos, ou seja, entre JS e IS, entre IS e IA e entre JA e IA, a mesma não mostrou significância estatística. Já os valores

medianos da PAD, no pico de esforço, mostraram maiores valores para o IS em comparação ao JS (100 e 80 mmHg, respectivamente,  $p < 0,05$ ) e entre os IA em relação ao JA (100 e 80 mmHg, respectivamente,  $p < 0,05$ ).

### **3.3. Análise da variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo e da frequência, e dos índices da arritmia sinusal respiratória entre os grupos estudados.**

A tabela VI representa os valores em mediana dos índices da VFC, no domínio do tempo e da frequência, e dos índices da ASR calculados durante a MASR. A comparação entre os dados de cada grupo estudado, está melhor representada nas figuras de 11 a 21, que se seguem.

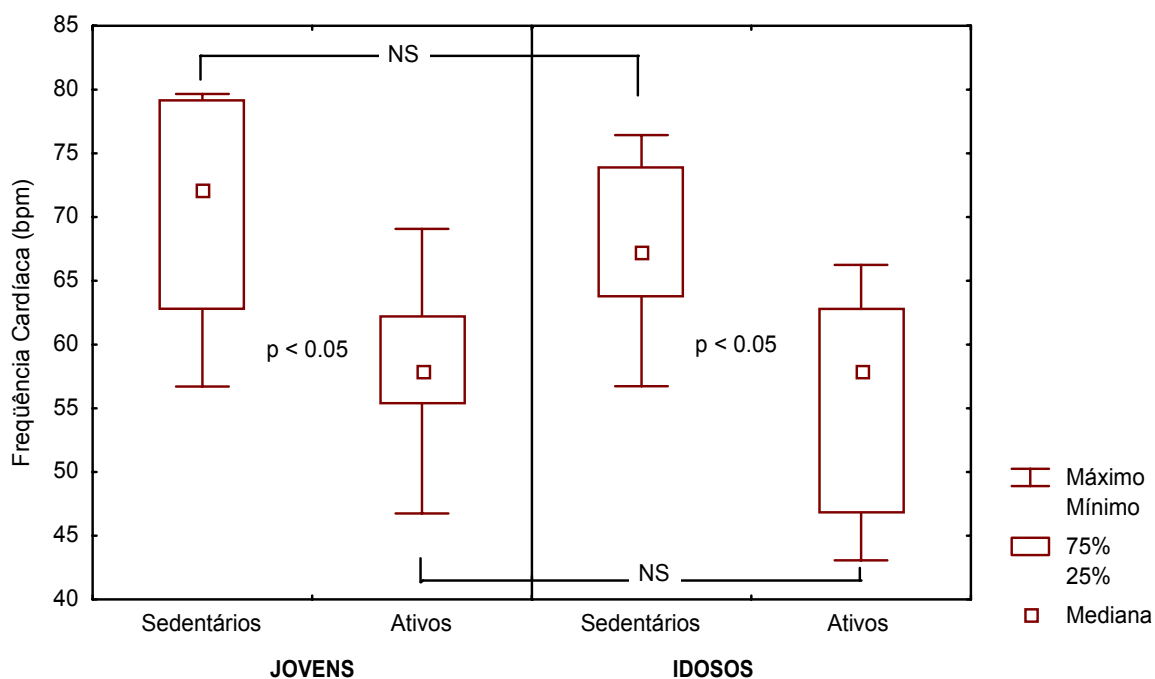
**Tabela VI.** Índices da variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo e da frequência, durante o repouso supino, e índices durante a manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória, dos grupos estudados.

Variáveis	Jovens		Idosos	
	Sedentários	Ativos	Sedentários	Ativos
<b>Repouso</b>				
<b>Domínio do Tempo</b>				
FC (bpm)	72	58*	67	58 <sup>§</sup>
iR-R (ms)	836	1039*	892	1040 <sup>§</sup>
RMSSD (ms)	29,77	61,71*	28,78	45,04 <sup>§</sup>
<b>Domínio da Frequência</b>				
BFun	40,86	25,80	45,29	47,16†
AFun	59,14	74,20	54,71	52,85†
BF/AF	0,69	0,35	0,83	0,90†
<b>ASR</b>				
E/I	1,34	1,40	1,16 <sup>+</sup>	1,35 <sup>§</sup>
ΔIE (bpm)	23	23	9 <sup>+</sup>	18 <sup>§</sup>

Dados expressos em mediana. FC, frequência cardíaca; iR-R, intervalos R-R;; BF un, baixa frequência em unidades normalizadas; AFun, alta frequência em unidades normalizadas; BF/AF, razão entre a baixa e a alta frequência; ASR, arritmia sinusal respiratória; E/I, razão entre a média dos maiores iR-R durante a fase inspiratória da ASR e a média dos menores iR-R durante a fase expiratória da ASR; ΔIE, variação da frequência cardíaca durante a manobra para acentuar a ASR.

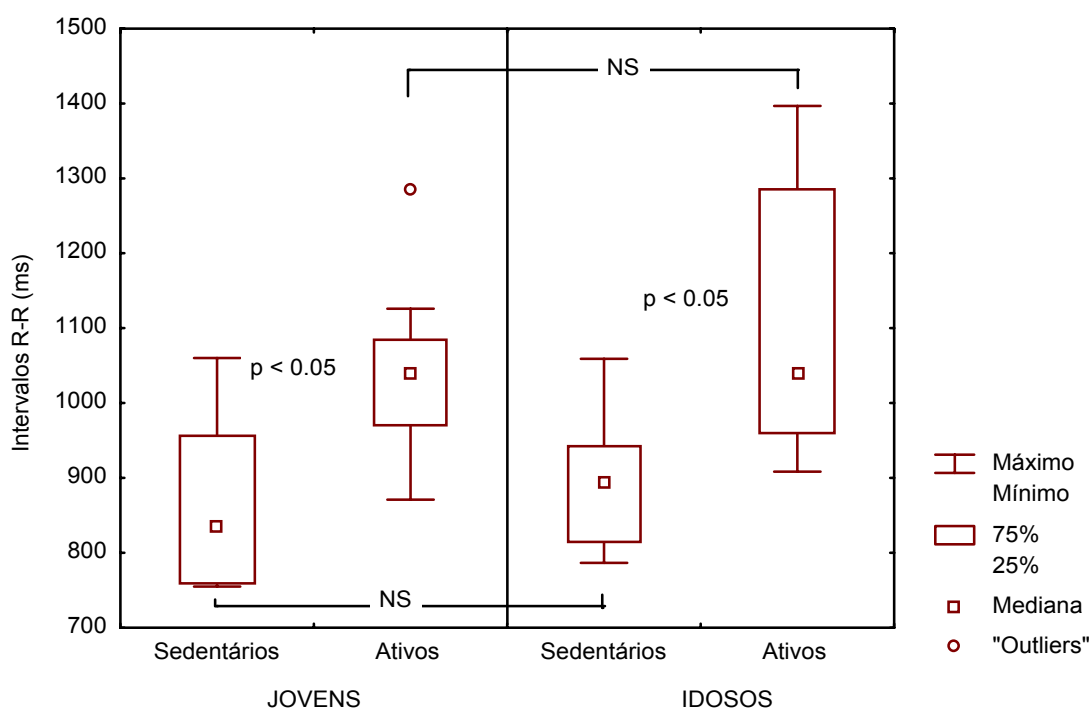
\*p < 0,05 para a comparação entre os grupos jovens; <sup>§</sup>p < 0,05 para a comparação entre os grupos idosos; <sup>+</sup>p < 0,05 para comparação entre os grupos sedentários; †p < 0,05 para comparação entre os grupos ativos (teste de Mann-Whitney).

A figura 11 mostra a comparação da FC durante o repouso supino entre os grupos estudados. Não foram observadas diferenças estatísticas entre os grupos sedentários e entre os grupos ativos. O grupo JA apresentou valores de FC significativamente inferiores comparados ao grupo JS (58 e 72 bpm, respectivamente,  $p < 0,05$ ). Similarmente, o grupo IA apresentou valores de FC significativamente inferiores quando comparados ao grupo IS (58 e 67 bpm, respectivamente,  $p < 0,05$ ).



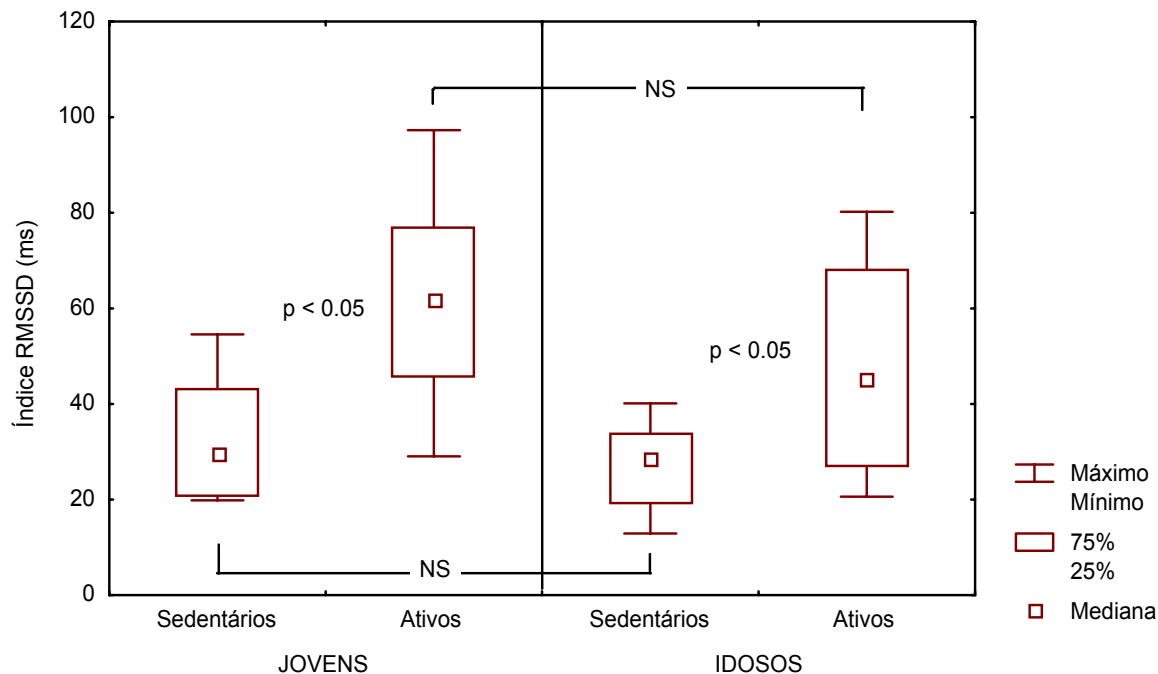
**Figura 11.** Valores de frequência cardíaca, em batimentos por minuto, durante o repouso supino de todos os grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .

A figura 12 ilustra a comparação dos iR-R durante o repouso supino entre os 4 grupos estudados. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos sedentários e entre os grupos ativos. O grupo JA apresentou valores de i-RR significativamente superiores comparados ao grupo JS (836 e 1.039 ms, respectivamente,  $p < 0,05$ ). Similarmente, o grupo IA apresentou valores de i-RR significativamente superiores comparados ao grupo IS (892 e 1.040, ms, respectivamente,  $p < 0,05$ ).



**Figura 12.** Valores dos intervalos RR (iR-R) em milissegundos (ms), durante o repouso supino de todos os grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .

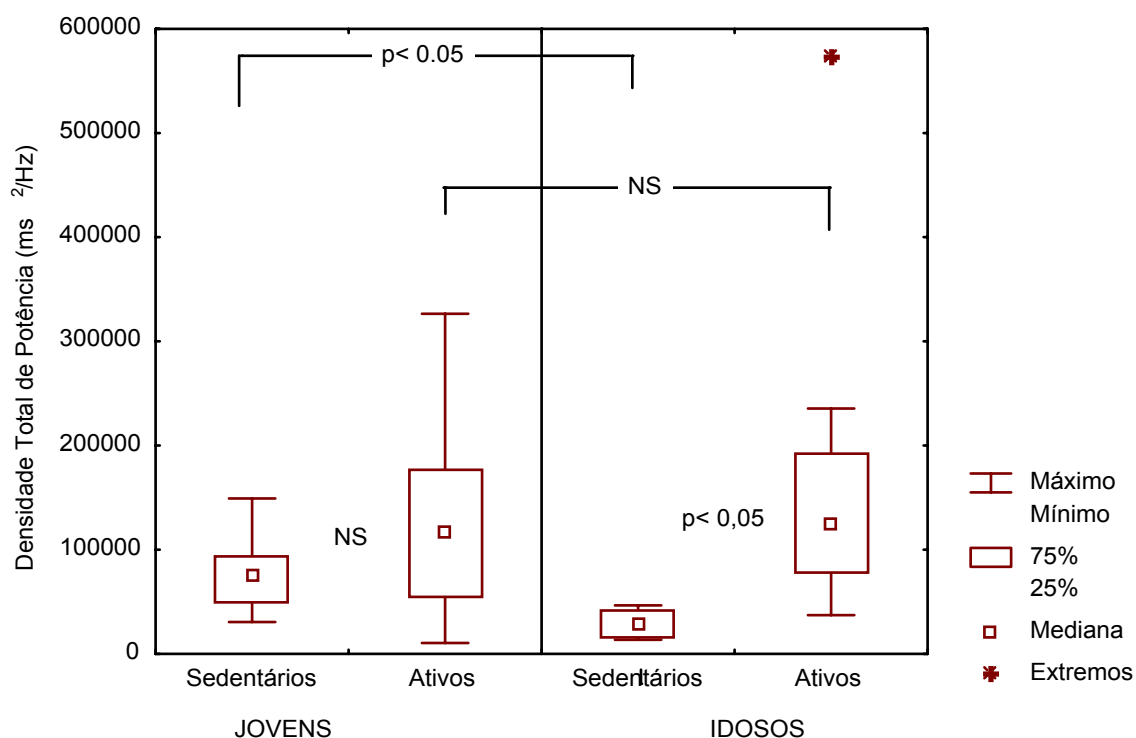
Na figura 13 estão apresentados os valores do RMSSD, em milissegundos (ms), obtidos a partir da análise da VFC no domínio do tempo, de todos os grupos estudados. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes para os valores de RMSSD entre os grupos sedentários e entre os grupos idosos. No entanto, o grupo JA apresentou valores de RMSSD significativamente superiores comparados ao grupo JS (61,71 e 29,77 ms, respectivamente,  $p < 0,05$ ). Similarmente, o grupo IA apresentou valores de RMSSD significativamente superiores comparados ao grupo IS (45,04 e 28,78 ms, respectivamente,  $p < 0,05$ ).



**Figura 13.** Valores de RMSSD, em milissegundos (ms), durante o repouso supino de todos os grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .

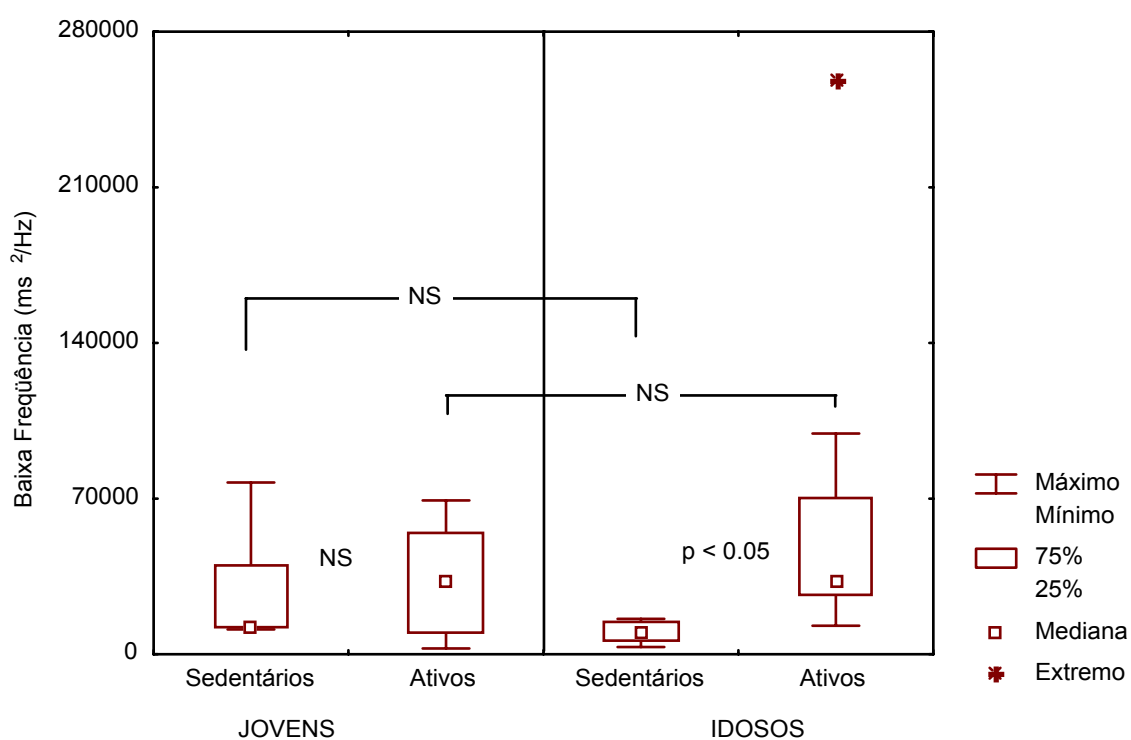


Na figura 14 está ilustrada a comparação da densidade total de potência (DTP), em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência entre os grupos estudados. Foram observados valores de DTP estatisticamente superiores para o grupo JS em comparação ao IS ( $75.963$  e  $28.977$   $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , respectivamente,  $p < 0,05$ ). Não foram encontradas diferenças entre os grupos JA e IA e, entre os grupos JS e JA para a DTP ( $p > 0,05$ ). No entanto, os valores de DTP foram significativamente superiores para o grupo IA em comparação ao IS ( $125.710$  e  $28.977$   $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , respectivamente,  $p < 0,05$ ).



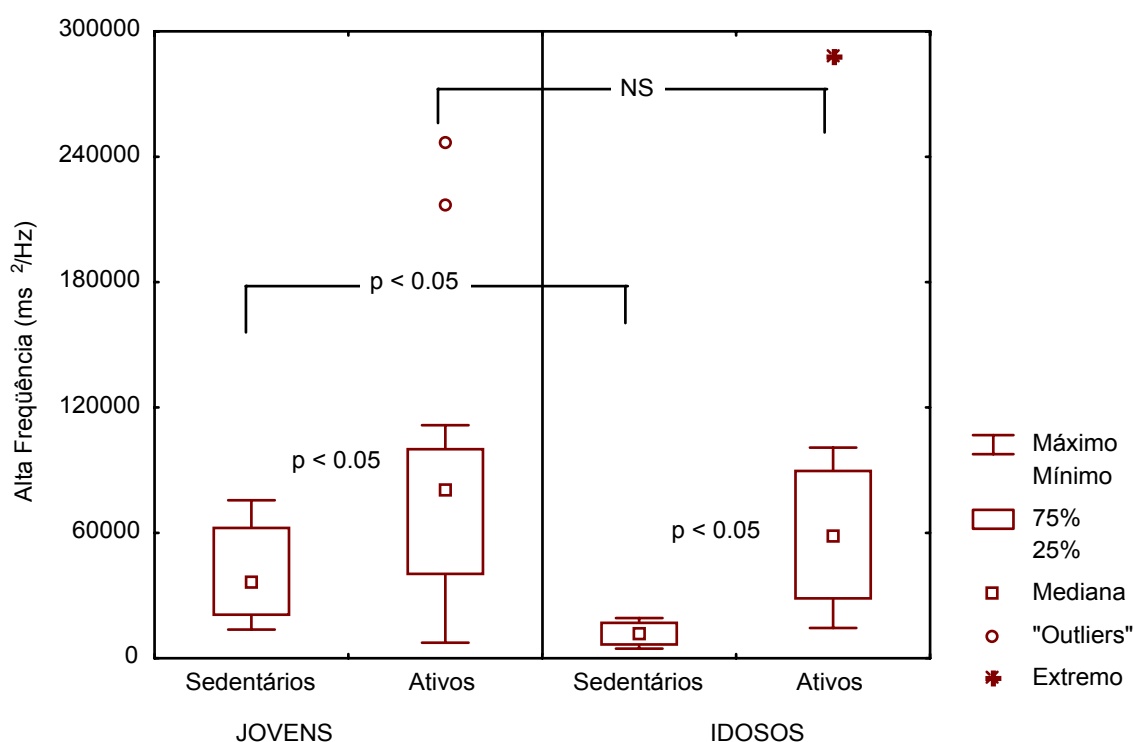
**Figura 14.** Densidade total de potência (DTP), expressa em valores absolutos, em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ ; obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .

A figura 15 representa a comparação da banda de baixa frequência (BF), em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência entre os grupos estudados. Não foram encontradas diferenças para os valores de BF entre os grupos JS e IS, entre JA e IA e entre JS e JA. Entretanto, o grupo IA apresentou valores de BF superiores aos apresentados pelo grupo IS (32.611 e 9.617  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , respectivamente,  $p < 0,05$ ).



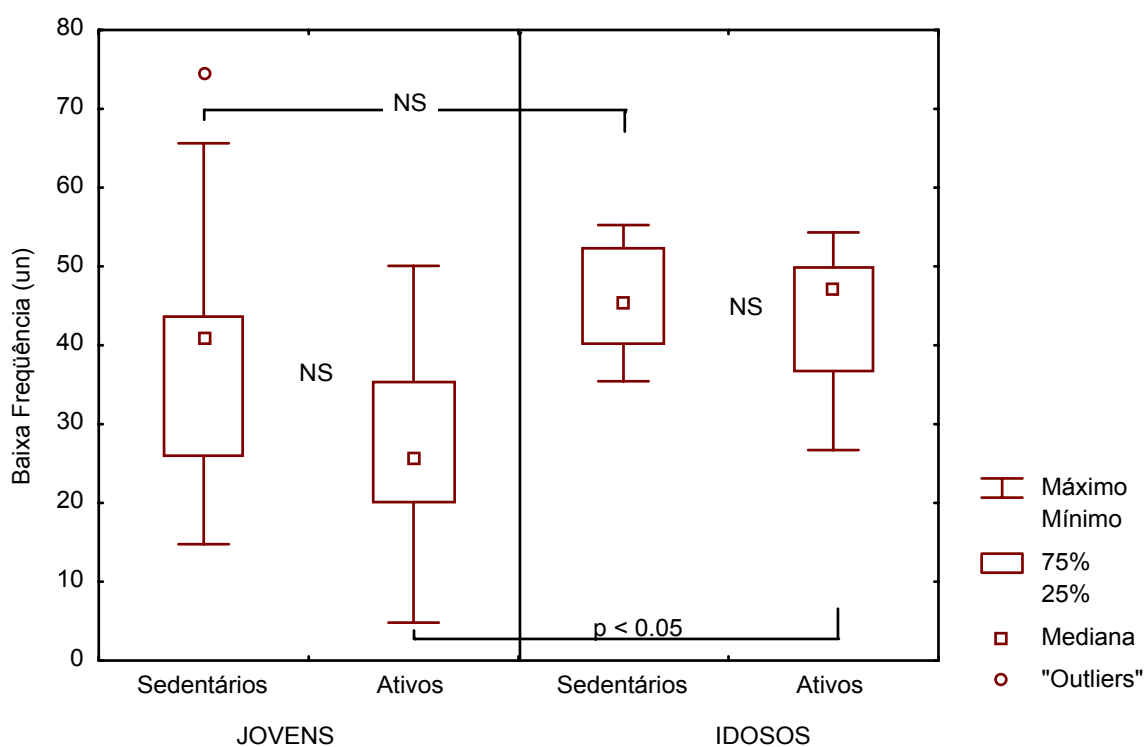
**Figura 15.** Dados da banda de baixa frequência (BF), expresso em valores absolutos, em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ ; obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .

Na figura 16 está ilustrada a comparação da banda de alta frequência (AF), em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência entre os grupos estudados. O grupo JS apresentou valores superiores de AF em relação ao grupo IS ( $36.398$  e  $12.218 \text{ ms}^2/\text{Hz}$ , respectivamente,  $p < 0,05$ ), o que não ocorreu entre os grupos ativos, que apresentaram valores similares. Já na análise entre os grupos, observam-se maiores valores de AF para ambos os grupos ativos, comparativamente aos sedentários ( $84.346$  e  $36.398 \text{ ms}^2/\text{Hz}$ , respectivamente para JA e JS,  $p < 0,05$ ;  $58.167$  e  $12.218 \text{ ms}^2/\text{Hz}$ , respectivamente para os grupos IA e IS,  $p < 0,05$ ).



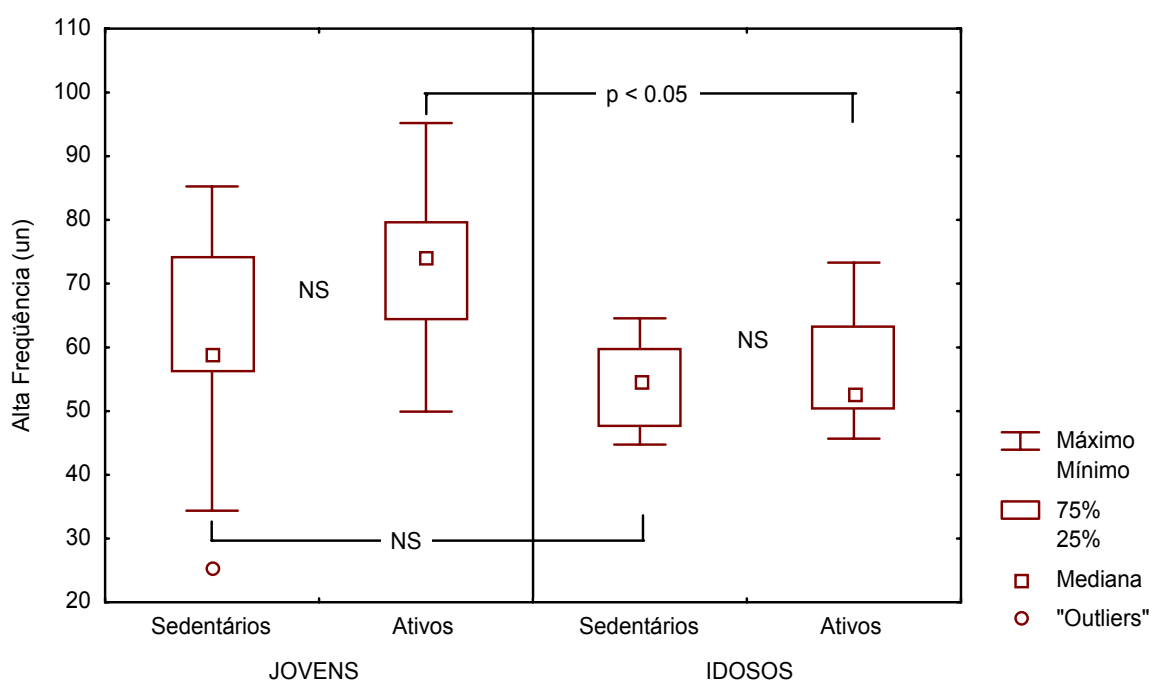
**Figura 16.** Dados da banda de alta frequência (AF), expresso em valores absolutos, em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ ; obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .

A figura 17 ilustra a comparação da banda de baixa frequência (BF), expressa em unidades normalizadas (un) dos grupos estudados. Não foram observadas diferenças significantes da BFun entre os grupos JS e IS, entre JS e JA e entre IS e IA. No entanto, o grupo JA apresentou valor de BFun estatisticamente inferior ao do grupo IA (25,80 e 47,16, respectivamente,  $p < 0,05$ ).



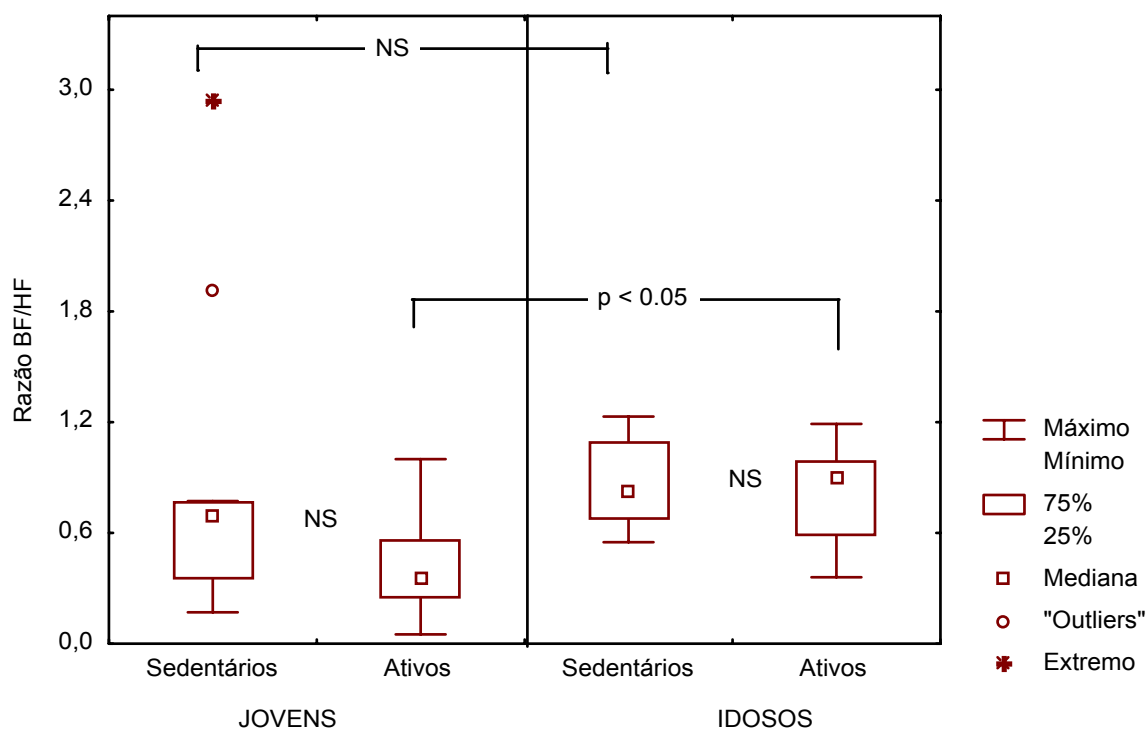
**Figura 17.** Dados da banda de baixa frequência (BF), expresso em unidades normalizadas (un); obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .

A figura 18 ilustra a comparação da banda de alta frequência (AF), expressa em unidades normalizadas (un) dos grupos estudados. Da mesma forma que a BFun, não foram observadas diferenças significantes dos valores da AFun entre os grupos JS e IS, entre JS e JA e, entre IS e IA. No entanto, o grupo JA apresentou valor de AFun estatisticamente superior ao do grupo IA (74,20 e 52,85 um, respectivamente,  $p < 0,05$ ).



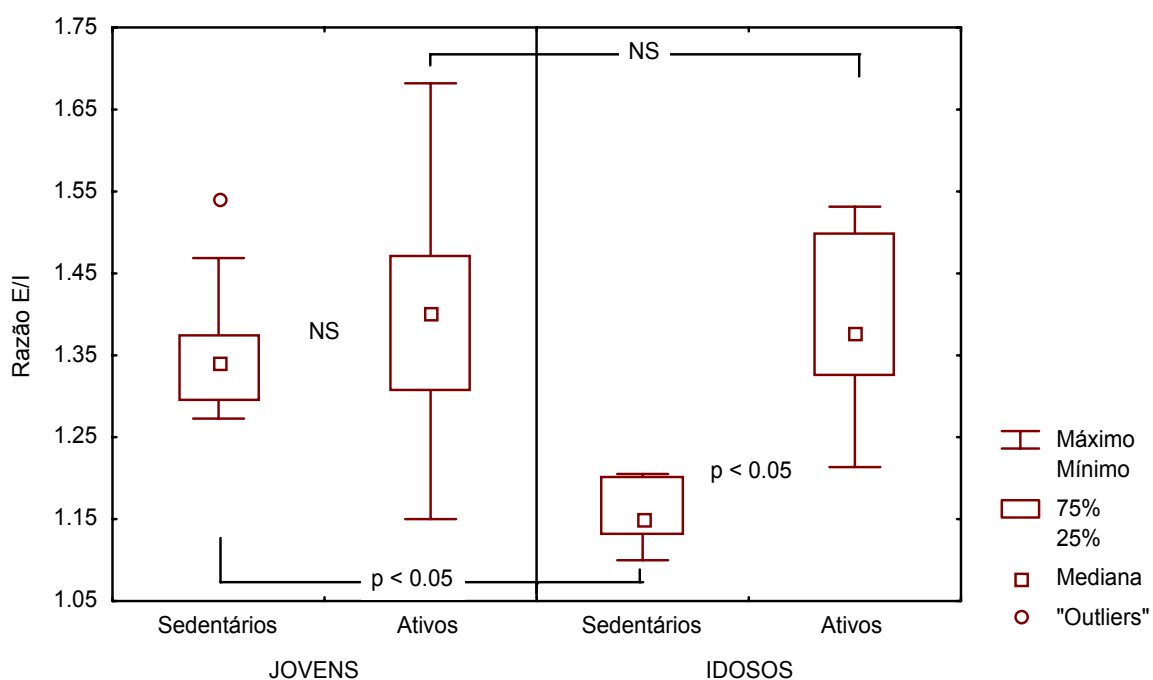
**Figura 18.** Dados da banda de alta frequência (AF), expressos em unidades normalizadas (un); obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .

A figura 19 apresenta os valores da razão entre a banda de baixa e alta frequência (BF/AF) dos grupos estudados. Não foram observadas diferenças significantes dos valores da BF/AF entre os grupos JS e IS, entre JS e JA, e entre IS e IA. No entanto, o grupo JA apresentou valores de BF/AF estatisticamente inferiores aos do grupo IA (0,35 e 0,90, respectivamente,  $p < 0,05$ ).



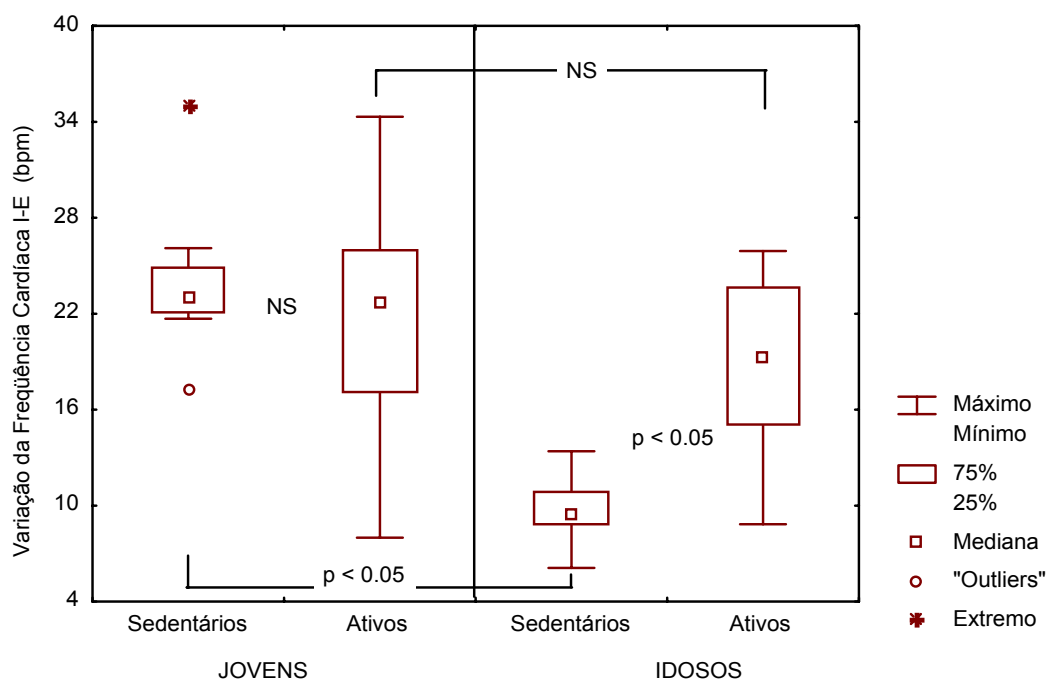
**Figura 19.** Dados da razão BF/AF, obtida a partir da divisão da banda de BF pela banda de AF obtidas pela análise da VFC no domínio da frequência dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .

Na figura 20 estão apresentados os valores do índice expiração-inspiração (E/I) obtidos durante a manobra para acentuar a ASR dos grupos estudados. O grupo JS apresentou valores de E/I significativamente superiores em relação ao grupo IS (1,34 e 1,16, respectivamente,  $p < 0,05$ ). Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos JA e IA e entre JS e JA. Entretanto, os valores de E/I foram significativamente superiores para grupo IA quanto comparado ao grupo IS (1,35 e 1,16, respectivamente,  $p < 0,05$ ).



**Figura 20.** Valores da razão E/I determinados a partir da divisão da média dos maiores valores dos intervalos RR pelos menores valores dos intervalos RR, obtidos durante a manobra para acentuar a ASR, dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .

Na figura 21 estão apresentados a variação da frequência cardíaca ( $\Delta IE$ ), em bpm, durante a manobra para acentuar a ASR dos grupos estudados. O grupo JS apresentou valores de  $\Delta IE$  significativamente superiores em relação ao grupo IS (23 e 9 bpm, respectivamente,  $p < 0,05$ ). Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos JS e JA e entre os grupos JA e IA. Entretanto, os valores de  $\Delta IE$  foram significativamente superiores para grupo IA quanto comparado ao grupo IS (18 e 9 bpm, respectivamente,  $p < 0,05$ ).



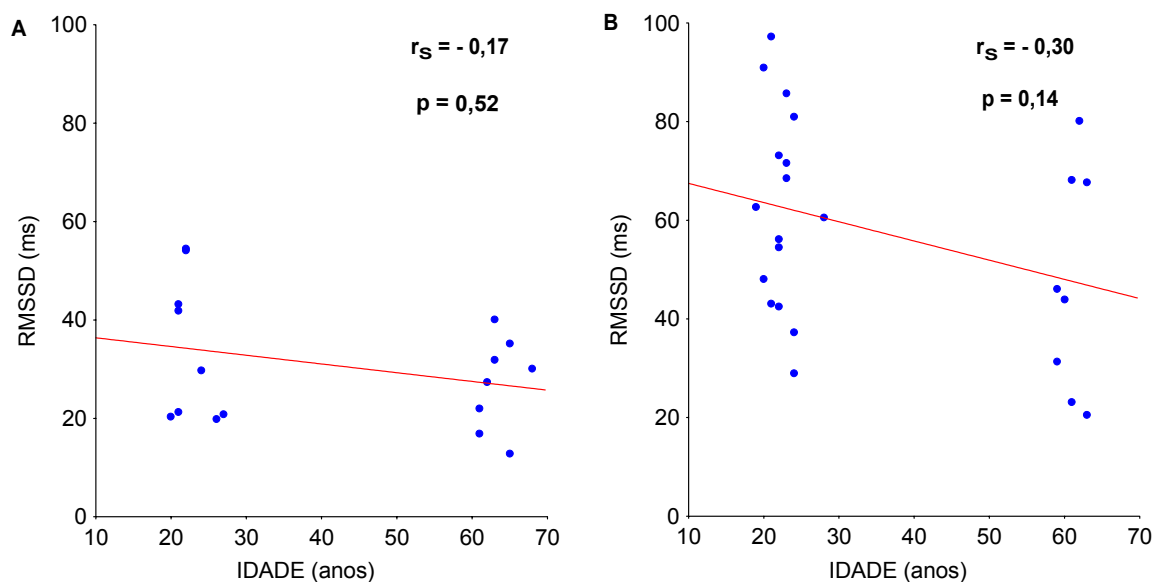
**Figura 21.** Variação da frequência cardíaca, em batimentos por minuto, durante a manobra para acentuar a arritmia sinusal respiratória dos grupos estudados. Nível de significância  $\alpha = 5\%$ .



### 3.3. Correlação entre a idade e os índices da VFC e da ASR nos grupos estudados.

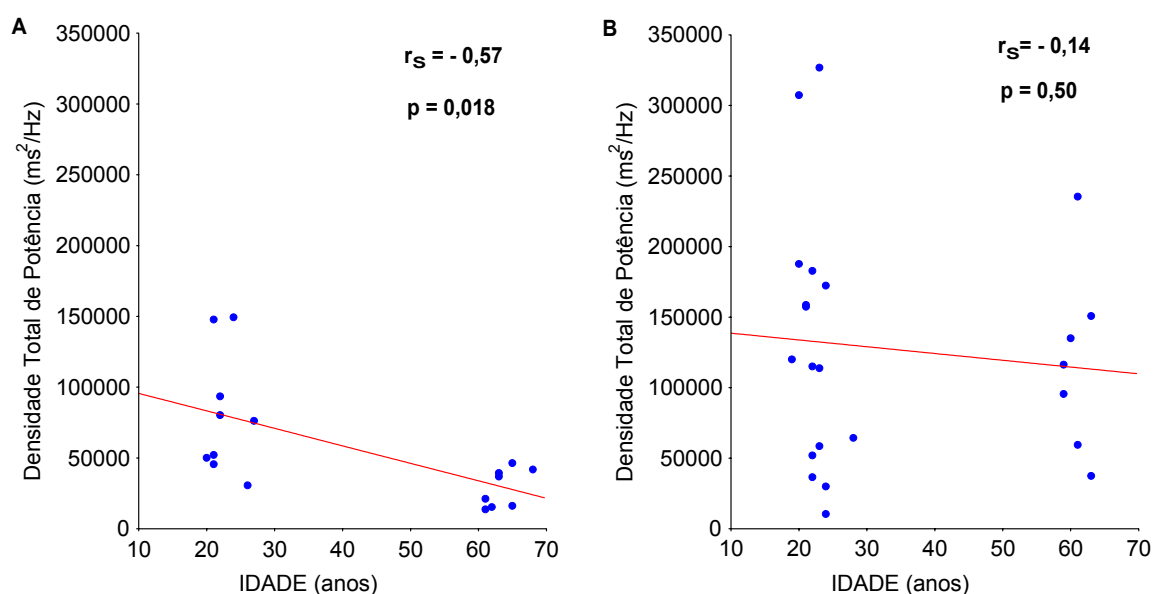
Nas figuras que se seguem (figura de 22 a 32) estão apresentadas, as correlações da idade com as diferentes variáveis estudadas.

Na figura 22 está apresenta a correlação entre a idade, em anos, e o índice RMSSD em milisegundos (ms) obtido a partir da análise da VFC no domínio do tempo, para os grupos sedentários (A) e ativos (B). Não foi encontrada correlação estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) entre a idade e o RMSSD para os indivíduos sedentários e para os ativos ( $p > 0,05$ ).



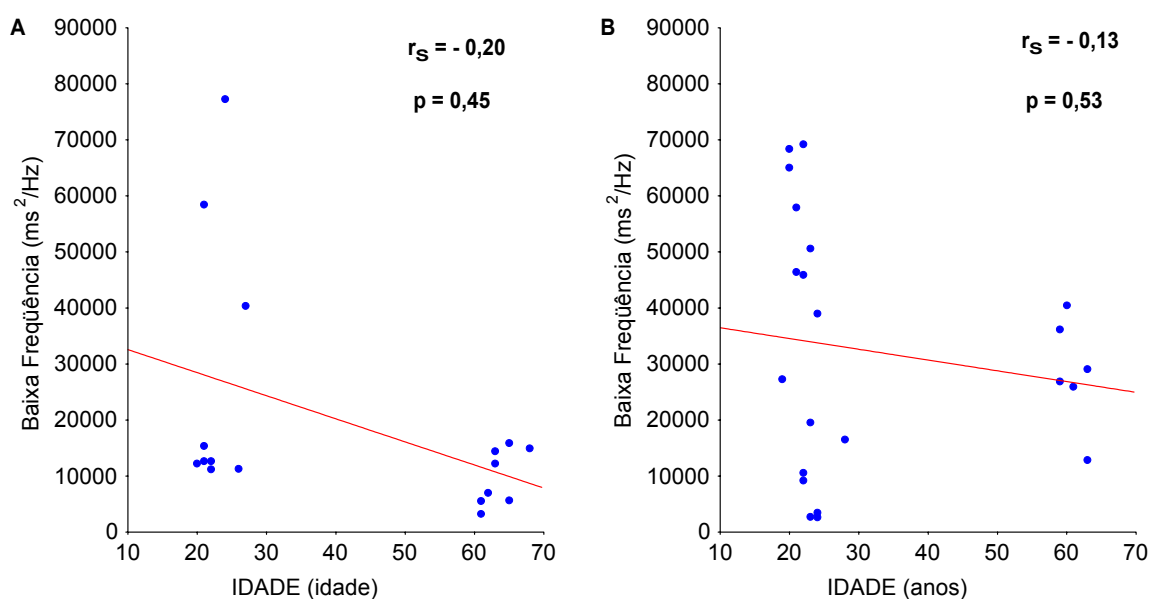
**Figura 22.** Correlação entre a idade, em anos, e os valores de RMSSD, em milisegundos, durante o repouso supino determinado pela análise da VFC no domínio do tempo, nos grupos sedentários (A) e dos grupos ativos (B). Nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .

Na figura 23 está ilustrada a correlação entre a idade, em anos, e a densidade total de potência (DTP), em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência, para ambos os grupos sedentários (A) e ativos (B). Foi observado correlação negativa ( $r_s = -0,57$ ) da idade com a DTP para os sedentários, sendo que a mesma apresentou significância estatística ( $p < 0,05$ ). No entanto, a mesma correlação não pode ser observada nos grupos ativos.



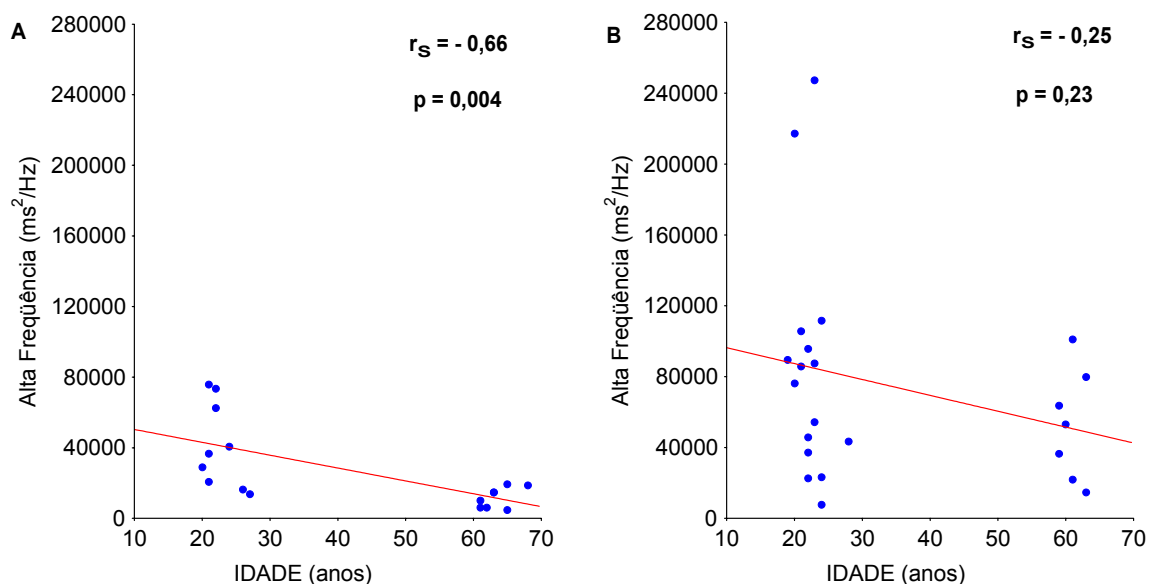
**Figura 23.** Correlação entre a idade, em anos, e os valores de densidade total de potência, em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , durante o repouso supino determinado pela análise da VFC no domínio da frequência, dos grupos sedentários (A) e ativos (B). Nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .

Na figura 24, está representado a correlação entre a idade, em anos, e a banda de baixa frequência (BF), em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência dos grupos sedentários (A) e ativos (B). Não foi observada correlação significativa ( $p > 0,05$ ) entre a idade e a BF tanto para os indivíduos sedentários, como para os ativos.



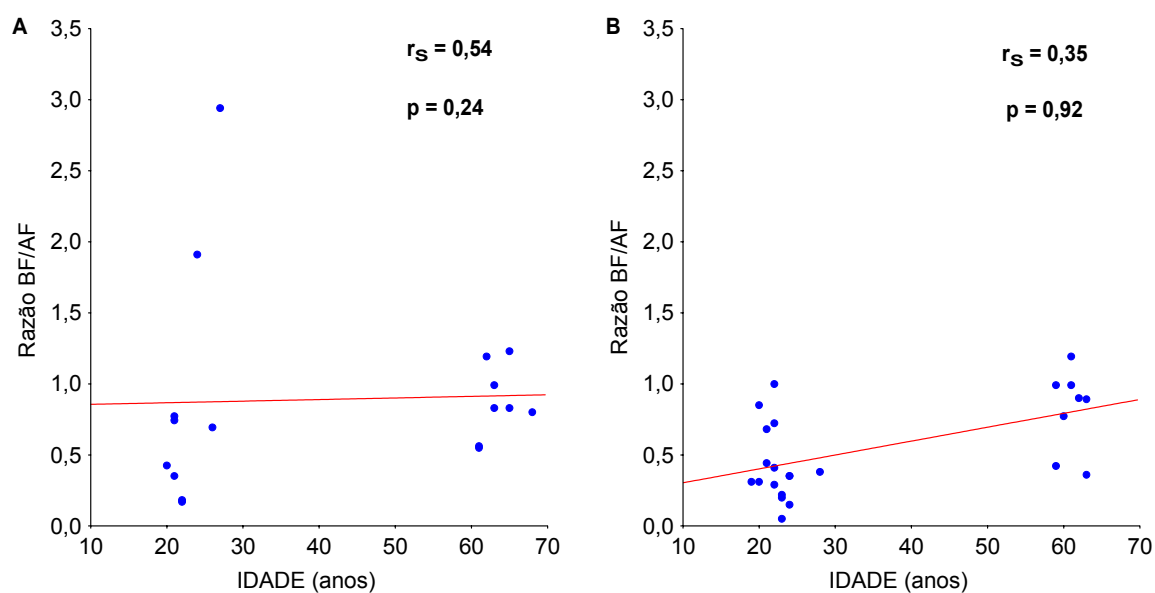
**Figura 24.** Correlação entre a idade, em anos, e os valores de baixa frequência, em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , durante o repouso supino determinado pela análise da VFC no domínio da frequência, dos grupos sedentários (A) e ativos (B). Nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .

A figura 25 mostra a correlação entre a idade, em anos, e a banda de alta frequência (AF), em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , obtida a partir da análise da VFC no domínio da frequência, nos grupos sedentários (A) e ativos (B). A idade apresentou correlação negativa ( $r_s = -0,66$ ) e significativa ( $p < 0,05$ ) com a AF, para os indivíduos sedentários. Já para o grupo ativo, a idade não apresentou correlação significativa ( $p > 0,05$ ) entre a idade e a AF.



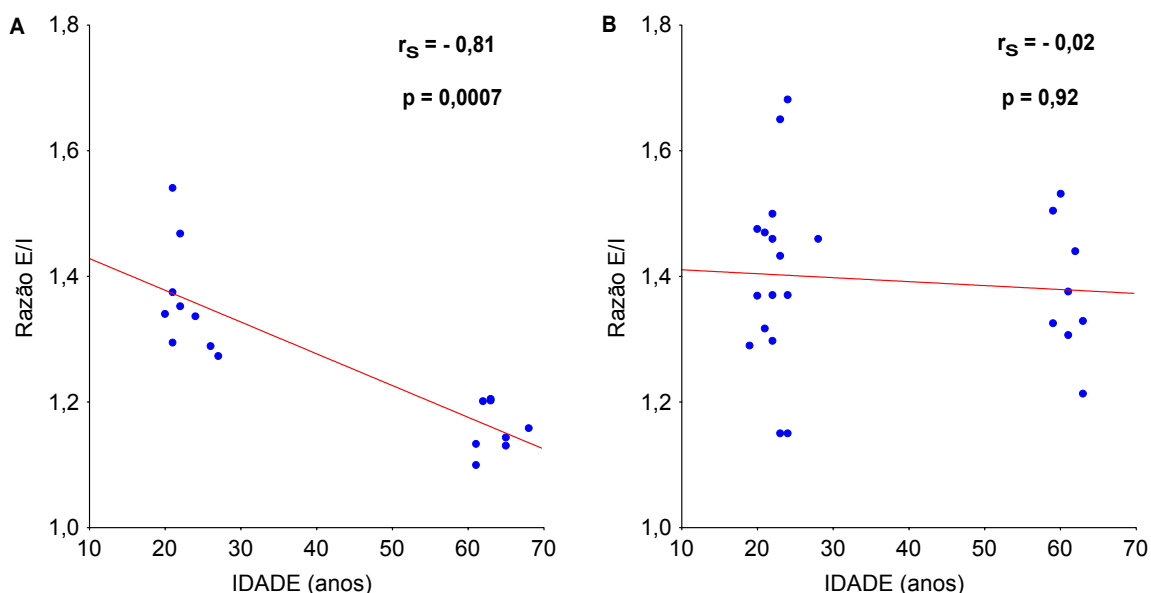
**Figura 25.** Correlação entre a idade, em anos, e os valores de alta frequência, em  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , durante o repouso supino determinado pela análise da VFC no domínio da frequência, dos grupos sedentários (A) e ativos (B). Nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .

A figura 26 apresenta a correlação entre a idade, em anos, e a razão entre a banda de baixa e alta frequência (BF/AF), a partir dos valores absolutos das mesmas, previamente calculados pela análise da VFC no domínio da frequência; em ambos os grupos sedentários (A) e ativos (B). Não foi encontrada correlação significativa ( $p > 0,05$ ) entre a idade e a BF/AF tanto para os indivíduos sedentários, como para os ativos.



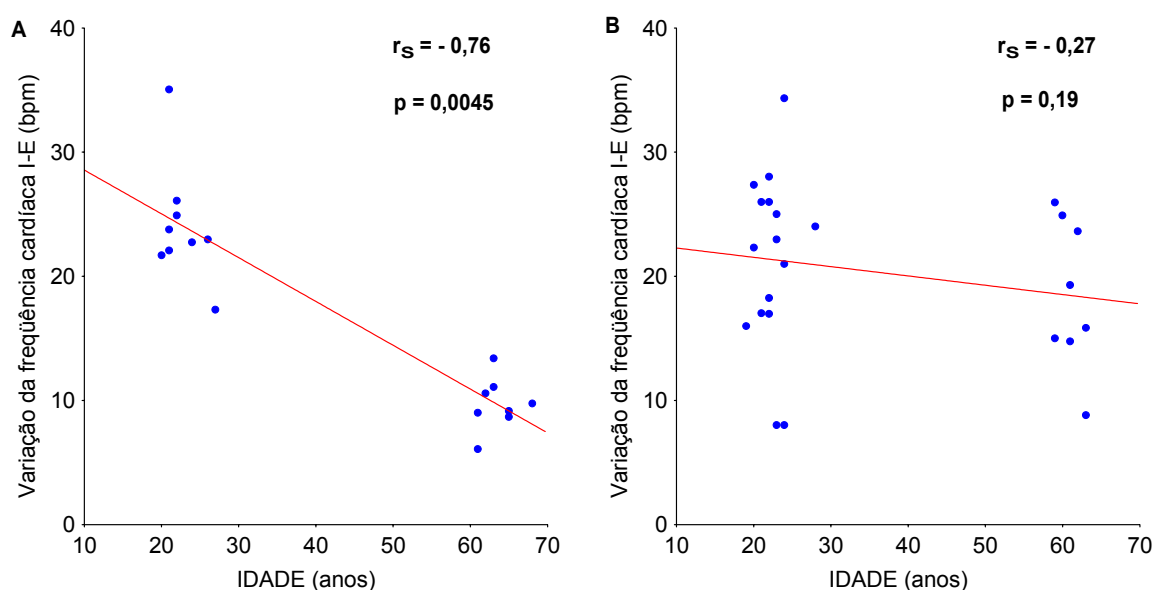
**Figura 26.** Correlação entre a idade, em anos, e os valores da razão entre a baixa frequência e a alta frequência durante o repouso supino, dos grupos sedentários (A) e ativos (B). Nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .

A figura 27 ilustra a correlação entre a idade, em anos, e o índice expiração-inspiração (E/I) calculado a partir da razão entre a média dos maiores iR-R durante a fase expiratória da ASR e pela média dos menores iR-R durante a fase inspiratória da ASR, nos grupos sedentários (A) e ativos (B). Foi observado correção negativa ( $r_s = -0,81$ ) e estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) entre a idade e o índice E/I para os indivíduos sedentários. No entanto, a mesma correlação não foi encontrada para indivíduos ativos.



**Figura 27.** Correlação entre a idade, em anos, e os valores da razão E/I determinados a partir da divisão da média dos maiores valores dos intervalos RR pelos menores valores dos intervalos RR, obtidos durante a manobra para acentuar a ASR, dos grupos sedentários (A) e ativos (B). Nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .

Na figura 28 está ilustrado a correlação entre a idade, em anos, e a variação da frequência cardíaca ( $\Delta IE$ ), em bpm, calculada a partir da subtração da média dos menores valores de FC durante a fase expiratória da MASR, da média dos maiores valores de FC durante a fase inspiratória da MASR; para os grupos sedentários (A) e ativos (B). A idade apresentou correlação negativa ( $r_s = -0,76$ ) com  $\Delta IE$  para os indivíduos sedentários, sendo esta estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ). Entretanto, a idade não apresentou correlação estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) com a  $\Delta IE$  para os indivíduos ativos.



**Figura 28.** Correlação entre a idade, em anos, e os valores da variação da frequência cardíaca, em batimentos por minuto, calculados a partir da subtração da média dos maiores valores de frequência cardíaca da fase inspiratória da arritmia sinusal respiratória pela média dos menores valores de frequência cardíaca da fase expiratória da arritmia sinusal respiratória, dos grupos sedentários (A) e ativos (B). Nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .

## **4. DISCUSSÃO**



## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Voluntários estudados

Os voluntários estudados na presente investigação não apresentaram discrepâncias em relação às características antropométricas quando comparados dentro da mesma faixa etária. Com relação ao IMC, apesar dos valores apresentados estarem dentro da classificação considerada como eutrófica (IMC= 20-24,9 kg/m<sup>2</sup>) (Consenso Latino-Americano em Obesidade, 1998), no grupo idoso ativo foram observados maiores valores do mesmo em comparação aos jovens ativos. Esse achado está em concordância com a literatura, já que o envelhecimento provoca modificações na composição corporal, sendo observado diminuição da massa magra, com conseqüente aumento da porcentagem de gordura e do peso corporal (TOTH et al., 1994; PATERSON et al, 1999). Ressalte-se que, de acordo com Byrne et al. (1996) e Antelmi et al., (2004) o peso corporal não exerce influência direta sobre a VFC, portanto, a diferença no IMC encontrado no grupo idoso ativo em comparação aos jovens ativos, possivelmente, não interfira na variável estudada.

Quanto aos exames clínicos e laboratoriais, os quais os voluntários foram submetidos, os valores se apresentaram dentro da faixa de normalidade. É importante ressaltar que, as alterações eletrocardiográficas observadas em alguns voluntários idosos, na condição de repouso, foram consideradas clinicamente dentro dos limites normais e atribuídas às alterações decorrentes do processo de envelhecimento. A literatura refere que batimentos atriais e ventriculares prematuros isolados podem aparecer no ECG de repouso de indivíduos com mais de 60 anos

numa freqüência de 5 a 10% e 8,6%, respectivamente, e geralmente não estando associados com doença cardíaca (LAKATTA & LEVY, 2003b). Assim, todas essas considerações foram cuidadosamente observadas, de forma a minimizar a influência de fatores (como a presença de patologias) nos resultados da pesquisa, bem como, garantir seu controle e qualidade.

Os valores, em mediana, dos parâmetros cardiovasculares obtidos durante o repouso, nas posições supina e sentada, e no pico do teste ergométrico, encontram-se dentro da faixa de normalidade documentada na literatura. Em relação a FC média de repouso, Wilmore & Costill (2002) referem que a mesma encontra-se entre 60-80 bpm. No presente estudo, os voluntários sedentários jovens e idosos, apresentaram valores medianos de FC, em supino, de 72 e 62 bpm, permanecendo então dentro da faixa esperada. Já nos grupos ativos, os valores medianos da mesma foram de 58 bpm, para ambos grupos jovem e idoso. Considerando-se que os idosos estudados não apresentavam no eletrocardiograma sinais de distúrbio de condução átrio-ventricular, essa bradicardia de repouso pode ser atribuída à atividade física regular, sendo essa observada em indivíduos treinados aerobiamente, independente da idade (ACSM, 1998b). Pela relevância deste assunto, os mecanismos envolvidos na gênese da bradicardia de repouso serão melhor discutidos posteriormente.

Em relação a PA de repouso, os valores medianos observados no presente trabalho encontraram-se dentro dos limites de normalidade para todos os grupos estudados (PAS < 130mmHg e PAD < 85 mmHg), baseado na IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial (2002).

Quanto a FC máxima prevista em relação à idade, os valores atingidos durante o TEFDC-D não foram diferentes dos estimados para a idade em todos os

grupos estudados. No entanto, os valores encontrados para os idosos foram inferiores aos dos jovens, concordando com a literatura que refere redução na resposta máxima da FC, ao exercício, com o envelhecimento (LAKATTA & LEVY, 2003a). Adicionalmente, a FC comportou-se fisiologicamente durante todo o esforço, sugerindo ausência de alterações cronotrópicas ao exercício (FLETCHER et al., 2001).

A IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial (2002) refere, como alguns critérios de interrupção do teste ergométrico, o aumento da PAD até 115mmHg e o aumento da PAS até 250 mmHg. Os valores medianos encontrados para a PAS e PAD no pico do esforço para os grupos JS, JA, IS e IA foram de 180/80, 200/80; 190/100, 210/100 mmHg, respectivamente. Os altos valores PAD, no pico de esforço, observada nos grupos idosos, em relação aos valores apresentados pelos jovens, pode estar relacionada com as modificações no sistema vascular, ou seja, redução da sua complacência com conseqüente aumento da resistência vascular periférica, decorrentes do processo de envelhecimento (LAKATTA & LEVY, 2003a).

Em relação à capacidade funcional, os voluntários foram classificados de acordo com o nível de atividade física determinada a partir do TEFDC-D pela fórmula (consumo máximo de oxigênio = (carga máxima atingida em W x 12) + 300/ peso em kg) proposta pelo ACMS em 1980 (apud KAWAMURA, 2001) em: sedentários, considerando-se a classificação aeróbia “fraca” (consumo de oxigênio de 16 a 22 ml/kg/min) para os idosos e (consumo de oxigênio de 25 a 33 ml/kg/min) para os jovens; e em ativos, considerando-se a classificação aeróbia “razoável” (consumo de oxigênio de 23 a 30 ml/kg/min) para os idosos e (consumo de oxigênio de 34 a 42 ml/kg/min) para os jovens, segundo a “American Heart Association”.

Dessa forma, os voluntários foram divididos em dois grupos, de acordo com o nível de aptidão física apresentado.

#### **4.2. Frequência cardíaca e intervalos R-R em repouso**

Vários estudos de caráter transversal avaliaram as influências da idade sobre a FC de repouso (PAGANI, et al., 1986; De MEERSMAN, 1993; BYRNE et al., 1996; GREGOIRE et al., 1996; JENSEN-URSTAD et al., 1997; TULPPO et al., 1998; MIGLIARO et al., 2001). A maioria desses estudos sugere que a média da mesma não se altera com o envelhecimento (BYRNE et al., 1996, JENSEN-URSTAD et al., 1997; TULPPO et al., 1998; MIGLIARO et al., 2001; LAKATTA & LEVY, 2003a), sendo similar entre jovens e idosos. Entretanto, O'BRIEN et al. (1996) observaram aumento significativo na duração dos iR-R de indivíduos idosos. Similarmente, um estudo envolvendo 653 indivíduos saudáveis, entre 19 e 60 anos, utilizando registros de Holter de 24 horas, encontrou redução da FC de repouso com o envelhecimento, principalmente em mulheres (ANTELMÍ et al., 2004).

No presente estudo não foram encontradas diferenças estatísticas para a FC e os iR-R, coletados durante 15 min de repouso supino, entre os jovens e idosos sedentários. Apesar dos nossos resultados serem apresentados em valores medianos, os mesmos são concordantes com vários autores, os quais observaram manutenção dos valores da FC média com o avançar da idade (BYRNE et al., 1996, JENSEN-URSTAD et al., 1997; TULPPO et al., 1998; MIGLIARO et al., 2001; LAKATTA & LEVY, 2003a).

O processo de envelhecimento provoca alterações no controle autonômico da frequência cardíaca, representada principalmente por reduções na

atividade vagal sobre o nodo sinusal (GAUTSCHY et al., 1986; PAGANI et al., 1986; LIPSITZ et al., 1990; SEALS et al., 1994; BYRNE et al., 1996; JENSEN-URSTAD et al., 1997), e conseqüentemente menor VFC quando comparado a indivíduos jovens (GAUTSCHY et al., 1986; HIRSCH & BISHOP, 1981; TAYLOR et al., 2001; CATAI et al., 2002). Além disso, o aumento crônico dos níveis basais de catecolaminas plasmáticas observadas em idosos (SEALS et al., 1994), contribui para o maior risco cardiovascular nessa população (BIGGER et al., 1992; HOHNLOSER & KLINGENHEBEN, 1998).

Considerando-se então que a atividade vagal está reduzida no repouso, poder-se-ia esperar que a FC, nessa situação, se elevasse com o aumento da idade, no entanto isso não é observado, já que a média da mesma não se altera com o envelhecimento (PAGANI, et al., 1986; De MEERSMAN, 1993; BYRNE et al., 1996; GREGOIRE et al., 1996; JENSEN-URSTAD et al., 1997; MIGLIARO et al., 2001). Essa manutenção pode ser decorrente do re-equilíbrio entre o balanço simpato-vagal (PAGANI et al., 1986; LIPSITZ et al., 1990; JENSEN-URSTAD, 1997) ou, ainda, pela diminuição da FC intrínseca, a qual somente pode ser observada a partir de experimentos envolvendo duplo bloqueio farmacológico dos componentes do SNA (JOSE & TAYLOR, 1969).

Em relação ao treinamento físico aeróbio, está bem estabelecido na literatura que o mesmo promove bradicardia de repouso (TULPPO et al., 1998; CATAI et al., 2002; LEICHT, ALLEN & HOEY, 2003a; SCOTT, et al., 2004), independente da idade. No entanto, os mecanismos relacionados a essa não estão definitivamente esclarecidos.

Dessa forma, alguns estudos sugerem redução da atividade do receptor beta adrenérgico (EKBLON et al., 1973) e, concomitantemente, aumento do

tônus parassimpático (EKBLON et al., 1973; LEVY et al., 1998; TULPPO et al., 1998); outros indicam a ocorrência de diminuição do tônus simpático sobre o nodo sinusal (EKBLON et al., 1973; SCHEUER & TIPTON, 1977); existem ainda aqueles que atribuem a influência do parassimpático como mecanismo predominante da bradicardia (SCHEUER & TIPTON, 1977; LEVY et al., 1998; TULPPO et al., 1998). Por outro lado, existem estudos que sugerem que a bradicardia de repouso está mais relacionada com modificações na FC intrínseca do que na modulação vagal sobre o nodo sinusal (CATAI et al., 2002; SCOTT, et al., 2004).

No presente estudo, ambos os grupos ativos apresentaram baixos valores de FC de repouso e altos valores de iR-R, em comparação aos grupos sedentários pareados pela idade. Esses achados corroboram com os encontrados na literatura, sugerindo que o treinamento físico regular causa bradicardia de repouso, independente da idade (TULPPO et al., 1998; CATAI et al., 2002; LEICHT, ALLEN & HOEY, 2003a; SCOTT, et al., 2004), o que poderia ser atribuído a maior à atividade vagal (TULPPO et al., 1998; LEICHT, ALLEN & HOEY, 2003b), já que ambos os grupos ativos mostraram maiores valores para o componente de AF em comparação aos respectivos controles sedentários, e que será melhor discutido no item subsequente.

#### **4.3. Variabilidade da Frequência Cardíaca**

A VFC é determinada pelas oscilações entre os valores consecutivos da FC instantânea, assim como as oscilações nos intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos (iR-R), em ms, do eletrocardiograma (ANTILA, 1979;

LONGO, FERREIRA & CORREIA, 1995; TASK FORCE, 1996), sendo considerada um dos mais significativos indicadores quantitativos da resposta neuro-regulatória batimento a batimento (SOSA, et al., 1999), podendo ser avaliada em diversas situações.

Assim, a VFC tem sido analisada em condições de repouso, seja em estado de vigília ou no sono (CATAL, et al., 2002); em diferentes posturas corporais (LINDQVIST, 1990; RIBEIRO et al, 2001); e durante e após a aplicação de um estímulo como, por exemplo, exercício físico dinâmico (MARÃES et al., 2000; YAMAMOTO et al., 2001; SILVA et al., 2000 e 2002) e manobras provocatórias (HOHNLOSER & KLINGENHEBEN, 1998; KESELBRENER & AKSELROD, 1998; SOSA et al., 1999; SANTOS et al., 2003), objetivando avaliar a integridade do sistema nervoso autônomo e a influência de seus componentes, simpático e parassimpático, na modulação das respostas da FC.

De uma forma geral, a alta VFC é um sinal de boa adaptabilidade do sistema cardiovascular, sendo essa, em indivíduos saudáveis, considerada indicativo de bom funcionamento dos mecanismos de controle autonômico. Contrariamente, a baixa variabilidade pode indicar anormalidade ou deficiência no mecanismo adaptativo do sistema nervoso autônomo, sugerindo a presença de alterações no funcionamento fisiológico do mesmo (PUMPRLA et al., 2002;). Condições patológicas que afetam o sistema cardiovascular, como o infarto agudo do miocárdio; alterações fisiológicas, como aquelas decorrentes do processo de envelhecimento; anormalidades no sistema nervoso autônomo, como na diabetes com disfunção autonômica, reduzem a VFC, estando associada com maior risco de eventos cardíacos (BIGGER et al., 1992; TASK FORCE, 1996; SINGH et al., 1999; WHEELER, AHRONI & BOYKO., 2002). Sendo assim, alterações no controle

autônomo da frequência cardíaca, relacionadas com redução da atividade vagal e/ou aumento da atividade simpática podem contribuir para aumento nas taxas de morbidade e mortalidade na população em geral (BIGGER et al.,1992; De MEERSMAN, 1993).

#### **4.3.1. Análise no Domínio do Tempo**

A análise da VFC, no domínio do tempo, utiliza métodos estatísticos simples, os quais avaliam a média dos iR-R e sua variação em um determinado período de tempo. Todos os índices calculados nesse tipo de análise, ou seja, SDNN, SDANN, RMSSD e pNN50, refletem variações de alta frequência na FC, sendo capazes de fornecer e quantificar indiretamente a modulação parassimpática sobre o nodo sinusal (BIGGER et al.,1992; LONGO, FERREIRA & CORREIA, 1995). Dentre esses índices, o RMSSD tem sido considerado uma importante medida da VFC por possui maior propriedade estatística sendo, portanto, um dos mais utilizados (HARTIKAINEN, TAHVANAINEN & KUUSELA, 1998).

A rápida resposta da atividade vagal, detectada já no primeiro ou segundo batimento cardíaco subsequente após a ocorrência de um estímulo, explica a utilização dos índices no domínio do tempo na quantificação da mesma, já que esses se baseiam na comparação entre dois ciclos adjacentes. Além disso, é importante ressaltar que o sistema nervoso simpático, diferentemente do parassimpático, responde lentamente a aplicação de um estímulo, sendo ativado aproximadamente no 5º seg após a aplicação do mesmo (TASK FORCE, 1996: HAINSWORTH, 1998).



No que se refere à avaliação da VFC, analisada no domínio do tempo, alguns trabalhos observaram redução da mesma com o avançar da idade (PAGANI, et al., 1986; De MEERSMAN, 1993; BYRNE et al., 1996; GREGOIRE et al., 1996; JENSEN-URSTAD et al., 1997; LEVY et al., 1998; MIGLIARO et al., 2001; SANTOS et al., 2003; ANTELM I et al., 2204). Contrariamente, Tulppo et al. (1998) não encontraram diferenças estatísticas para a variação interbatimento (índice SDNN), da FC de repouso em vigília, de indivíduos jovens, meia-idade e idosos, corroborando com Catai et al. (2002), os quais obtiveram esses mesmos resultados para o índice SDANN, ao avaliar homens jovens e meia-idade.

No presente estudo não foram observadas diferenças significativas para o índice RMSSD, o qual está relacionado com a variação da duração dos iR-R entre batimentos sucessivos, tanto entre os grupos sedentários como para os grupos ativos, concordando em parte com os achados de Tulppo et al (1998) e Catai et al. (2002). Portanto, a análise no domínio do tempo, por si, não foi suficientemente sensível na avaliação da redução da VFC com a idade, como referido por vários estudos (PAGANI, et al., 1986; De MEERSMAN, 1993; BYRNE et al., 1996; GREGOIRE et al., 1996; JENSEN-URSTAD et al., 1997; LEVY et al., 1998; MIGLIARO et al., 2001; CATAI et al., 2002; SANTOS et al., 2003; ANTELM I et al., 2204).

Em relação aos efeitos da atividade física regular, sobre a VFC no domínio do tempo, alguns autores encontraram maiores valores de seus índices para indivíduos ativos em comparação a sedentários (De MEERSMAN, 1993; GREGOIRE et al., 1996; LEVY et al., 1998; MELANSON, 2000; ANTELM I et al., 2004). Além disso, estudos de caráter longitudinal, envolvendo longos períodos de treinamento aeróbio (9 a 12 meses), observaram aumento da VFC total em idosos,

representada pelo índice SDNN, sugerindo atenuação dos efeitos do envelhecimento sobre o controle autonômico da FC.

Dentre os estudos envolvendo curtos períodos de treinamento (2 a 4 meses), os resultados foram bastante controversos. Ao avaliar os efeitos do exercício físico aeróbio sobre a VFC de jovens, Melanson & Freedson (2001) e Pichot et al. (2002) observaram incremento nos valores de RMSSD e de pNN50, enquanto que Tulppo et al. (2003), também, encontraram aumentos no índice SDNN, sugerindo que a atividade física de intensidade moderada promove aumento da VFC, mesmo em treinamentos envolvendo curtos períodos de tempo. Contrariamente, em outros estudos longitudinais de curta duração, não foram encontradas alterações na VFC, tanto para sujeitos jovens (CATAI et al., 2002) como para meia-idade (BOUTCHER & STEIN, 1995; CATAI et al., 2002), sugerindo que programas curtos de condicionamento físico aeróbio (2 a 3 meses), não são capazes de modificar o controle autonômico da FC, embora melhorem a capacidade aeróbia.

É importante ressaltar que o treinamento físico parece produzir pequena, se nenhuma, alteração no controle autonômico de indivíduos com altos níveis iniciais de modulação vagal. No entanto, em outros, com baixa modulação da mesma, o treinamento físico parece produzir grandes alterações no controle autonômico da FC. Nesse sentido, Leicht, Allen & Hoey (2003a) sugerem que alguns indivíduos não possuem a capacidade de aumentar a VFC após treinamento físico devido à existência de um “ponto crítico” de máxima modulação vagal, grande parte determinada geneticamente, o qual não permite incrementos na atividade parassimpática. Sendo assim, os autores acreditam que haja um nível de controle vagal que seja resistente às alterações advindas com a atividade física regular, ou

seja, a partir de um determinado ponto não ocorra mais incrementos na modulação parassimpática.

No presente estudo, o índice RMSSD dos iR-R, em ms, foi significativamente maior para os grupos ativos quando comparados com os grupos sedentários pareados pela idade. Esses resultados estão em concordância com os encontrados na literatura (De MEERSMAN, 1993; GREGOIRE et al., 1996; LEVY et al., 1998; MELANSON, 2000; ANTELMÍ et al., 2004) sugerindo que a atividade física regular possui efeito benéfico sobre a VFC, avaliada pelo domínio do tempo, atenuando, assim, os efeitos do envelhecimento no sistema nervoso autônomo cardíaco.

Assim, a avaliação da VFC, no domínio do tempo é considerada uma medida útil na detecção de anormalidades na atividade autonômica cardíaca. Entretanto, esse tipo de análise não possui a capacidade de quantificar modificações específicas no balanço simpato-vagal (PUMPRLA et al., 2002). Portanto, a utilização da análise no domínio da frequência fornece maiores informações sobre a influência de cada componente do SNA sobre a VFC, e que será abordada no próximo item.

#### **4.3.2. Análise no Domínio da Frequência**

As variações cíclicas da FC podem ser quantificadas a partir da análise da série temporal dos iR-R, utilizando-se de processamentos matemáticos como a transformada rápida de Fourier ou por modelos auto-regressivos, sendo essa denominada de análise espectral (TASK FORCE, 1996; PUMPRLA et al., 2002).

Com esse tipo de processamento é possível avaliar a influência de alterações rítmicas da FC e ainda, classificá-las de acordo com os mecanismos fisiológicos envolvidos na determinação de cada banda de frequência em: AF, que corresponde à modulação respiratória e é um indicador da atuação do nervo vago sobre o coração (POMERANZ et al., 1985; MALLIANI et al., 1991; TASK FORCE, 1996); BF, que é decorrente da ação conjunta dos componentes vagal e simpático sobre o coração, sendo o último predominante nessa faixa de frequência (LONGO, FERREIRA & CORREIA, 1995; TASK FORCE, 1996); MBF, cuja explicação fisiológica não está bem definida e parece estar relacionada ao sistema renina-angiotensina-aldosterona, termorregulação e tônus vasomotor periférico (AKSELROD et al., 1981; POMENRAZ et al., 1985; AKSELROD et al., 1985; LONGO, FERREIRA & CORREIA, 1995).

Esse tipo de análise tem mostrado que ocorre redução da VFC com o envelhecimento podendo essa estar diretamente associada à diminuição na atividade vagal sobre o coração (GAUTSCHY et al., 1986; PAGANI et al., 1986; LIPSITZ et al., 1990; SEALS et al., 1994; JENSEN-URSTAD et al., 1997), com conseqüente predomínio da atividade simpática (SHANNON et al., 1987; De MEERSMAN, 1993; PERINI et al., 2000). Entretanto, outros autores sugerem que ocorram reduções da atividade de ambos os componentes do sistema nervoso autônomo cardíaco, mantendo assim inalterado o balanço simpato-vagal com o envelhecimento (PAGANI et al., 1986; LIPSITZ et al., 1990; JENSEN-URSTAD, 1997).

Dentre os estudos envolvendo a análise no domínio da frequência, Tulppo et al (1998) e Leicht, Allen & Hoey (2003a) encontraram maiores valores do componente de AF para indivíduos jovens quando comparados a indivíduos meia-

idade, embora, os primeiros autores não tenham encontrado o mesmo, quando a VFC foi analisada no domínio do tempo. Outros estudos observaram menores valores de todos os índices da VFC no domínio da frequência, excetuando-se a razão BF/AF, para homens meia-idade comparativamente a jovens (CATAI et al., 2002), assim como em diferentes faixas etárias incluindo idosos (ANTELMÍ et al., 2004). Por outro lado, Migliaro et al. (2001) encontraram menores valores das bandas de AF e BF para idosos, comparativamente a jovens.

Estudos de caráter longitudinal, envolvendo treinamento físico aeróbio, mostraram alterações na VFC, representadas, principalmente por incrementos na atividade vagal. A grande maioria desses, ao treinar indivíduos jovens, observaram aumento da banda de AF (MELANSON & FREEDSON, 2001; CATAI et al., 2002; PICHOT et al., 2002; CARTER et al., 2003; LEICHT, ALLEN & HOEY et al., 2003b; TULPPO et al., 2003), enquanto a minoria encontrou incrementos na DTP (PICHOT et al., 2002; CARTER et al., 2003; LEICHT, ALLEN & HOEY, 2003b) e redução no balanço simpato-vagal (PICHOT et al., 2002; TULPPO et al., 2003). Além disso, indivíduos de meia-idade também se beneficiam do treinamento aeróbio, ocorrendo aumentos no DTP e na AF, embora essas alterações sejam menores que em jovens (CARTER et al., 2003). Os autores, de uma forma geral, sugerem que a atividade física de intensidade moderada produz adaptações no sistema nervoso autônomo cardíaco, com conseqüente aumento da atividade vagal sobre o nodo sinusal.

Contrariamente, outros trabalhos não observaram alterações nos índices da VFC com o treinamento físico, tanto em indivíduos jovens (CATAI et al., 2002; LEICHT, ALLEN & HOEY, 2003a), como em meia-idade (BOUTCHER & STEIN, 1995; CATAI et al., 2002; LEICHT, ALLEN & HOEY, 2003a), apesar de ter sido observado aumento do consumo máximo/pico destes voluntários, sendo assim,

os mesmos inferem que curtos períodos de treinamento físico não são suficientes para alterar a VFC, embora aumente significativamente a capacidade aeróbia (BOUTCHER & STEIN, 1995; CATAI et al., 2002). Além disso, características individuais, como por exemplo, a condição física inicial, podem contribuir para a manutenção da VFC pós-treinamento, sendo que, em indivíduos mais velhos, há maior tendência de incremento na atividade vagal, o que de certa forma amenizaria os efeitos do envelhecimento sobre o sistema nervoso autônomo (LEICHT, ALLEN & HOEY, 2003a).

Os resultados do presente estudo são concordantes com os achados referidos na literatura (TULPPO et al, 1998; CATAI et al., 2002; LEICHT, ALLEN & HOEY, 2003b), pois foram observados menores valores de DTP e AF para o grupo idoso sedentário em comparação ao grupo jovem sedentário. Entretanto, essas alterações não foram suficientes para alterar o controle simpato-vagal nos idosos sedentários, pois a razão BF/AF não atingiu significância estatística, estando em concordância com a literatura revisada (PAGANI et al., 1986; LIPSITZ et al., 1990; JENSEN-URSTAD, 1997), os quais não observaram alteração no balanço simpato-vagal com o envelhecimento.

Adicionalmente, foram observadas, ainda, correlações significativas e inversas entre a idade e os índices DTP e AF, reforçando os achados na literatura (GAUTSCHY et al.1986; PAGANI et al., 1986; LIPSITZ et al., 1990; SEALS et al., 1994; JENSEN-URSTAD et al., 1997), os quais sugerem redução da atividade parassimpática com o avançar da idade.

Em relação aos efeitos da atividade física, entre os grupos jovens, somente a banda de AF, em valores absolutos, mostrou-se maior para os grupos ativos, sugerindo assim que a atividade física regular provoca incremento da

atividade vagal sobre o nodo sinusal (MELANSON & FREEDSON, 2001; CATAI et al., 2002; PICHOT et al., 2002; CARTER et al., 2003; LEICHT, ALLEN & HOEY et al., 2003b; TULPPO et al., 2003). No entanto, todos os outros índices da VFC no domínio da frequência foram semelhantes entre ambos grupos ativos.

Para os grupos ativos, a VFC comportou-se de modo diferente não sendo observados os efeitos do envelhecimento sobre os índices da VFC, no domínio da frequência, previamente discutido para os indivíduos sedentários. Todos os índices avaliados, ou seja, DTP, BF e AF, em valores absolutos, não foram diferentes entre os jovens e idosos ativos. Além disso, não foi observada correlação negativa entre a idade e os índices da VFC, ao contrário do encontrado para os sedentários.

A literatura reporta que a atividade física regular melhora a VFC, quando avaliada tanto no domínio do tempo como da frequência, em indivíduos jovens (MELANSON, 2000; LEVY et al., 2003) e idosos (De MEERSMAN, 1993; STEIN et al., 1999; LEVY et al., 2003). De acordo com esses achados, em ambos os grupos ativos estudados, a VFC analisada por esses dois métodos foi maior em comparação com os grupos controles sedentários pareados pela idade, principalmente no grupo idoso. Além disso, o grupo idoso ativo mostrou valores similares de VFC em comparação com o grupo ativo jovem. Provavelmente, a atividade física regular realizada pelo grupo idoso contribuiu para esses achados e deve ser levada em consideração.

Por outro lado, quando cada componente do espectro de frequência foi avaliado em unidades normalizadas (AFun e BFun) e ainda, pela razão BF/AF, os mesmo resultados não puderam ser observados, já que o grupo idoso ativo mostrou maiores valores do componente representativo da atividade simpática atuante no

nodo sinusal (i.e, BFun) e menores valores correspondentes a atividade parassimpática (i.e, AFun) em relação ao grupo ativo jovem. Entretanto, é importante ressaltar que a normalização tendeu a minimizar os resultados previamente discutidos dos componentes de BF e AF (TASK FORCE, 1996). Portanto, a partir desta análise sugere-se que atividade física regular parece ser responsável somente por reduções no balanço simpato-vagal do grupo ativo jovem, sendo que no grupo idoso ativo, a atividade física causou aumento tanto na atividade simpática, como na atividade parassimpática, mantendo assim, o balanço entre eles inalterado e similar ao grupo idoso sedentário.

#### **4.4. Arritmia Sinusal Respiratória (ASR)**

A análise das oscilações fisiológicas dos intervalos iR-R durante o repouso mostra que existe estreita ligação entre o ciclo cardíaco e o padrão respiratório, na determinação da FC, sendo esse sincronismo denominado de arritmia sinusal respiratória (ASR) (KATONA & JIH, 1975). Entretanto, os mecanismos responsáveis pela modulação autonômica da respiração, ainda não são totalmente conhecidos (YASUMA & HAYANO, 2004).

A ASR tem papel importante na integração entre o sistema respiratório e o cardiovascular, o que está diretamente relacionada com vários fatores químicos, neurais e reflexos. Dentre os mecanismos responsáveis pela ASR dois são considerados os mais importantes: a modulação direta de neurônios pré-ganglionares cardíacos vagais pelo centro respiratório e pela inibição do eferente vagal causada pela insuflação pulmonar, sendo também, facilmente influenciada



pela função cárdio-pulmonar, padrão respiratório, sono, vigília, posição corporal, idade, gênero, entre outras (YASUMA & HAYANO, 2004).

Durante a respiração voluntária espontânea ocorre sobreposição bifásica da FC, na qual é observada uma interação sincrônica entre a fase inspiratória e o aumento da FC, devido à retirada vagal, e entre a fase expiratória e a redução da FC, devido ao retorno da atividade vagal no nodo sinusal (KATONA & JIH, 1975; HIRSCH & BISHOP, 1981; TAYLOR et al., 2001). Essas alterações da FC, sincronizadas com o ciclo respiratório, alteram criticamente a eficácia das trocas gasosas, a qual é aumentada durante a inspiração, concomitantemente com a taquicardia, e reduzida durante a expiração, juntamente com a bradicardia (YASUMA & HAYANO, 2004).

Taylor et al. (2001), avaliaram a influência de várias freqüências respiratórias (3 a 15 ciclos/minuto) associadas a volume corrente constante e a volume corrente crescente, (i.e., dependente do tempo entre cada ciclo respiratório). Estas duas condições foram avaliadas em três situações diferentes: a) controle, b) bloqueio  $\beta$ -adrenérgico e c) duplo bloqueio (tanto simpático como parassimpático). Durante o bloqueio simpático observou-se aumento na magnitude da ASR em todas as FR utilizadas. Inversamente, no duplo bloqueio, notou-se redução da mesma em valores inferiores a 5% da situação controle. Além disso, a ASR atingiu maiores valores em baixas FR, sendo também dependente de altos volumes correntes. Os efeitos do padrão respiratório sobre as flutuações periódicas dos iR-R parecem ser influenciadas pela cinética da acetilcolina sobre o nodo sinusal, pois essa leva, aproximadamente, de 1,5 a 2,0 seg para ser hidrolizada. Portanto, altas FR reduzem a taxa de utilização da acetilcolina, diminuindo, conseqüentemente, a atividade parassimpática sobre o coração, e aumentando a FC. Os autores sugerem que a

ASR aumenta com a redução da FR, sendo restringida pela atividade simpática, e, portanto, não podendo ser considerada um fenômeno exclusivamente vagal.

No entanto, além da FR e do volume corrente, a magnitude da ASR também está na dependência da resposta aos reflexos barorreceptores, quimioceptores e de estiramento torácicos. Os barorreceptores estão situados na parede de algumas artérias, incluindo o seio carotídeo, arco aórtico e artérias coronárias, respondendo as alterações na pressão arterial, detectadas pelo estiramento das artérias (HAINSWORTH, 1998). Durante a inspiração, ocorre represamento de sangue no leito vascular, com conseqüente queda do retorno venoso, débito cardíaco e PA. Com isso, haverá inibição da atividade baroreceptora reflexa e, conseqüentemente, da atividade vagal e aumento da FC. Já durante a expiração, há redução da pressão intratorácica, aumento do retorno venoso, débito cardíaco e PA, levando a estimulação dos barorreceptores, e conseqüente, aumento da atividade parassimpática e redução da FC (HAINSWORTH, 1998; YASUMA & HAYANO, 2004). A principal função dos quimioceptores é controlar a respiração, embora possam influenciar, também o sistema cardiovascular. Os quimioceptores periféricos são encontrados nos corpos aórticos e carotídeos, sendo estimulados pela hipóxia e hipercapnia arterial, enquanto, os centrais são sensíveis as concentrações do íon hidrogênio. Embora os mecanismos envolvidos nas respostas quimiorreflexas serem extremamente complexos, de uma forma geral, tanto a hipóxia como a hipercapnia inibem a atividade vagal e estimulam a atividade simpática (HAINSWORTH, 1998; YASUMA & HAYANO, 2004). Além disso, informações aferentes provenientes dos pulmões e das estruturas torácicas, durante as fases do ciclo respiratório, estimulam centros superiores, os quais também irão

contribuir para a regulação do tônus vagal cardíaco (GOLDBERGER et al., 1994; STRANO et al., 1998).

O envelhecimento é caracterizado por perdas no recuo elástico dos pulmões e no movimento da caixa torácica, induzida por alterações no volume de ar durante o ciclo respiratório. Além disso, pode ser observado aumento da complacência tóraco-pulmonar estática, representada por maior volume residual e redução da complacência tóraco-pulmonar dinâmica, representada por menor capacidade vital, o que, de certa forma pode reduzir a eficácia da eliminação do dióxido de carbono. Entretanto o volume corrente parece não se alterar com o avançar da idade (TONNER, KAMPEN & SCHOLZ, 2003).

Outra alteração importante, observada em indivíduos idosos, inclui a redução da sensibilidade baroceptrora às alterações da pressão arterial, o que de certa forma, pode ser observada pela pequena alteração na FC durante as mudanças posturais, presente nos mesmos quando comparados a indivíduos jovens (SIMPSON & WICS, 1988; SEMRÁD, FISER & HONZÍKOVÁ, 1998). Além disso, estas alterações parecem ser causadas por modificações estruturais nas paredes das artérias decorrentes do envelhecimento (SEMRÁD, FISER & HONZÍKOVÁ, 1998).

Portanto, de acordo com a literatura revisada, vários mecanismos envolvidos no processo de envelhecimento podem interferir na determinação da ASR, incluindo a redução da atividade vagal (GAUTSCHY et al., 1986; PAGANI et al., 1986; LIPSITZ et al., 1990; SEALS et al., 1994; JENSEN-URSTAD et al., 1997), aumento do volume residual (TONNER, KAMPEN & SCHOLZ, 2003) e alterações da sensibilidade baroceptrora (SIMPSON & WICS, 1988; SEMRÁD, FISER & HONZÍKOVÁ, 1998), ocorrendo assim, uma atenuação da resposta da FC em

sincronismo com a respiração, em indivíduos idosos (GAUTSCHY et al., 1986; PAGANI et al., 1986; LIPSITZ et al., 1990; SEALS et al., 1994; BYRNE et al., 1996; JENSEN-URSTAD et al., 1997).

De certa forma, apesar do sistema nervoso simpático influenciar indiretamente a magnitude da ASR, os índices da mesma, ainda tem sido utilizados como uma ferramenta não-invasiva de análise da modulação vagal sobre o nó sinusal (HIRSCH & BISHOP, 1981; TAYLOR et al., 2001) e conseqüentemente para avaliar a presenças de alterações no controle autonômico cardíaco (HIRSCH & BISHOP, 1981).

A magnitude da ASR pode ser determinada, então, a partir do cálculo de dois principais índices: a) razão expiração/inspiração (E/I): calculado a partir da média dos maiores iR-R, em ms, obtidos durante a expiração, divididos pela média dos menores iR-R obtidos durante a inspiração; b) variação da FC ( $\Delta$  I-E): calculada a partir da diferença entre a média dos valores picos de FC durante a inspiração e a expiração (SUNDKVIST, ALMER & LILJA, 1979; SMITH, 1982; GAUTSCHY et al., 1986; O'BRIEN, 1986; SANTOS et al., 2003).

Alguns autores reportam que o índice E/I reduz com o processo de envelhecimento (SMITH, 1982; O'BRIEN et al., 1986; HOHNLOSER & KLINGENHEBEN, 1998), devido a redução da resposta vagal ao ciclo respiratório. Da mesma forma, o  $\Delta$ IE também é um índice sensível para avaliar a disfunção autonômica, podendo estar correlacionado indiretamente com a idade (O'BRIEN et al., 1986).

Alguns estudos tentaram padronizar valores normais para ambos os índices da ASR, além de estimar valores considerados determinantes para o diagnóstico de disfunção autonômica. Ao avaliar indivíduos diabéticos, Sundkvist,

Almer & Lilja (1979), observaram valores inferiores de E/I (<1,1) e de  $\Delta$  I-E (<10 bpm), naqueles com disfunção diagnosticada, sugerindo assim que a avaliação da magnitude da ASR é importante na identificação dessa alteração. Similarmente, Smith (1982) encontrou baixos valores dos mesmos índices em diabéticos portadores de disfunção autonômica, em comparação com os indivíduos saudáveis da mesma idade.

Os resultados do presente estudo estão de acordo com a literatura. O grupo idoso sedentário apresentou valores inferiores para os índice EI e o  $\Delta$ IE, em comparação ao grupo jovem sedentário. É importante ressaltar ainda que, os valores medianos do  $\Delta$ IE (9 bpm), para os idosos sedentários, se mostraram discretamente inferiores aos considerados limítrofes (<10 bpm) para o diagnóstico de disfunção autonômica, sugerindo, assim, redução da atividade vagal confirmada pelos índices da ASR. No entanto, não se pode afirmar que os mesmos possuem tal disfunção, pois vários fatores devem ser levados em consideração (i.e., frequência respiratória, idade, presença de patologias e fatores genéticos), portanto a generalização dos achados de Sundkvist, Almer & Lilja (1979) para qualquer tipo de população pode levar a interpretação errônea desses índices. Além disso, tanto a razão E/I como a  $\Delta$ IE, apresentaram correlação significativamente negativa com a idade, para os grupos jovens, concordando com os achados de Hirsch & Bishop (1981) e Gautschy et al. (1986).

As modificações estruturais e neuronais no sistema cardio-respiratório decorrentes do envelhecimento podem, de certa forma, alterar vários mecanismos indiretamente envolvidos na gênese da ASR (i.e., barorreflexos, quimiorreflexos, reflexos de estiramento cardio-pulmonar) (YASUMA & HAYANO, 2004). Sendo assim, os altos valores da razão E/I e da  $\Delta$ IE apresentadas pelo grupo idoso ativo,

bem como a ausência de correlação entre esses índices e a idade, sugerem que outros mecanismos envolvidos na determinação da ASR, além do vago, também podem ter sido positivamente influenciados pela atividade física (De MEERSMAN, 1993).

Portanto, o processo de envelhecimento reduz a VFC, principalmente observada quando avaliada por métodos no domínio da frequência (GAUTSCHY et al., 1986; PAGANI et al., 1986; LIPSITZ et al., 1990; SEALS et al., 1994; BYRNE et al., 1996; JENSEN-URSTAD et al., 1997) e por índices da arritmia sinusal respiratória (HIRSCH & BISHOP, 1981; GAUTSCHY et al., 1986; BYRNE et al., 1996). Entretanto, a atividade física regular contribui na manutenção da VFC, atenuando os efeitos do processo de envelhecimento sobre o controle autonômico da FC (De MEERSMAN, 1993; STEIN et al., 1999; LEVY et al., 2003).

#### **4.5. Considerações Finais**

De forma geral, a duração do iR-R possui estreita relação com a VFC (MELANSON et al., 2000; MIGLIARO et al., 2001, ANTELMÍ et al., 2004), sendo essa determinada principalmente por fatores genéticos (SINGH et al., 1999) no entanto, sua expressão fenotípica pode, também, ser influenciada por fatores que agem, tanto no sentido cardioprotetor (exercício físico regular e hábitos alimentares adequados), como no sentido de aumentar o risco para doenças cardiovasculares (fumo, álcool, obesidade, diabetes e hipertensão) (SINGH et al., 1999). Portanto, estudos futuros no campo da biologia molecular, envolvendo a análise da expressão gênica da FC e sua variabilidade poderá melhor esclarecer as reais contribuições do envelhecimento, de processos patológicos e da atividade física no controle autonômico da FC.

É importante ressaltar, ainda que a metodologia utilizada no presente estudo é relevante devido ao seu caráter não-invasivo, entretanto a mesma apresenta limitações, pois a não utilização de bloqueio farmacológico, não nos permite inferir sobre as influências da atividade vagal no componente de BF da análise espectral, o que torna difícil avaliar as alterações isoladas do sistema simpático com o processo de envelhecimento.

## **5. CONCLUSÃO**



## 5. CONCLUSÃO

Os resultados sugerem que o envelhecimento associado ao sedentarismo provoca reduções na variabilidade da frequência cardíaca, representadas pela diminuição da atividade vagal sobre o coração, tanto determinada pela análise no domínio da frequência como pelos índices da arritmia sinusal respiratória. Entretanto, a atividade física regular aumenta a variabilidade da frequência cardíaca, independentemente da idade, e atenua as alterações, decorrentes do processo de envelhecimento, no controle autonômico da frequência cardíaca.

## **6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (Position Stand). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.30, p.916-20, 1998a.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (Position Stand). Exercise and physical activity for older adults. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 30, n.6, p. 992-1008, 1998b.

AKSELROD, S.; GORDON, D.; UBEL, F.A; SHANNON, D.C.; BARGER, A.C.; COHEN, R.J. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. **Science**, v.213, p.220-2, 1981.

AKSELROD, S.; GORDON, D.; MADWED, J.B.; SNIDMAN, N.C.; SHANNON, D.C.; COHEN, R.J. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. **Am. J. Physiol.**, v.249, p.H867-H75, 1985.

ANTILA, K. Quantitative characterization of heart rate during exercise. **Scand. J. Clin. Lab. Invest.**, v.80, (suppl.), p.153-5, 1979.

ANTELMÍ, I.; De PAULA, R.S.; SHINZATO, A.R.; PERES, C.P.; MANSUR, A.J.; GRUPI, C.J. Influence of age, gender, body mass index, and functional capacity on heart rate variability in a cohort of subjects without heart disease. **Am. J. Cardiol.**, v.93, p.381-5, 2004.

BIGGER, J.T.J.; FLEISS, J.L.; STEINMAN, R.C.; ROLNITZKY, L.M.; KLEIGER, R.E.; ROTTMAN, J.N. Frequency domain measures of heart period variability and mortality after myocardial infarction. **Circulation**, v.85, p.164-71, 1992.

BOUTCHER, S.H.; STEIN, P. Association between heart rate variability and training response in sedentary middle-aged men. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 70, p.75-80, 1995.

BYRNE, E.A.; FLEG, J.L.; VAITKEVICIUS, P.V.; WRIGHT, J.; PORGES, S.W. Role of aerobic capacity and body mass index in the age-associated decline in heart rate variability. **J. Appl. Physiol.**, v.81, p.743-50, 1996.

CARTER, J.B.; BANISTER, E.W.; BLABER, A.P. The effect of age and gender on heart rate variability after endurance training. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.35, p.1333-40, 2003.

CATAI, A.M. **Estudo da variabilidade da frequência cardíaca e da capacidade aeróbia em homens jovens e de meia-idade submetidos a treinamento físico aeróbio.** 1999. 301p. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CATAI, A. M.; CHACON-MIKAHIL., M.P.T.; MARTINELLI, F.S.; FORTI, V.A.M.; SILVA, E.; GOLFETTI, R.; MARTINS, L.E.B.; SZRAJER., J.S.; WANDERLEY, J.S; LIMA-FILHO, E.C.; MILAN, L.A.; MACIEL, B.C.; GALLO Jr, L. Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. **Braz. J. Med. Biol. Res.**, v.35, p.741-52, 2002.

CONVENÇÃO LATINO-AMERICANA PARA CONSENSO EM OBESIDADE, 1, **Consenso Latino-Americano em Obesidade**, 1, 1998, Rio de Janeiro. Consenso... Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, 1998.

De MEERSMAN, R.E. Heart rate variability and aerobic fitness. **Am. Heart J.**, v.125, p.726-31, 1993.

EKBLOM, B.; KILBOM, A.; STOLTYSIAK, J. Physiological training, bradycardia and autonomic nervous system. **Scan. J. Clin. Lab. Invest.**, v.32, p.351-6, 1973.

FARDY, P.S.; YANOWITZ, F.G.; WILSON, P.K. **Reabilitação cardiovascular. Aptidão física do adulto e teste de esforço.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Revinter, 374p., 1998.

FLEG, J.L. Alterations in cardiovascular structure and function with advancing age. **Am. J. Cardiol.**, v.57, p.33C-44C, 1986.

FLETCHER, G.F.; BALADY, G.J.;AMSTERDAM, E.A.; CHAITMAN, G.; ECKEL, R.; FLEG, J.; FROELICHER, V.F.; LEON, A. S.; PIÑA, I.L.; RODNEY, R.; SIMONS-MORTON, D.G.; WILLIAMS, M.A.; BAZZARRE, T. Exercise standards for testing and training. A statement for healthcare professionals from the American heart association. **Circulation**, v.104, p.1694-740, 2001.

FROELICHER, V.F.; MYERS, J.; FOLLANSBEE, W.P.; LABOVITZ, A.J. **Exercício e o coração.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Revinter, 440p., 1998.

GAUTSCHY, B.; WEIDMANN, P.; GNÄDINGER, M.P. Autonomic function tests as related to age and gender in normal man. **Klin. Wochenschr.**, v.64: p.499-505, 1986.

GOLDBERGER, J.J.; AHMED, M.W.; PARKER, M.A.; KADISH, A.H. Dissociation of heart rate variability from parasympathetic tone. **Am. J. Physiol.**, v. 266, p.H2152-H2157, 1994.

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.**, v.21, p.455-470, 1996.

HAINSWORTH, R. Physiology of the cardiac autonomic system. In: MALIK, M. **Clinical guide to cardiac autonomic tests**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 423p, 1998.

HARTIKAINEN, J.E.K.; TAHVANAINEN, K.U.O.; KUUSELA, T.A. Short-term measurement of heart rate variability. In: MALIK, M. **Clinical guide to cardiac autonomic tests**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 423p, 1998.

HEATH, G.W.; HAGBERG, J.M.; EHSANI, A.A.; HOLLOSKY, J.O. 1981. A physiological comparison of young and older endurance athletes. **J. Appl. Physiol.**, v. 51, n.3, pp. 634-40, 1981.

HIRSCH, J.A.; BISHOP, B. Respiratory sinus arrhythmia in humans: how breathing pattern modulates heart rate. **Am. J. Physiol.**, v.241, p.H620-H629, 1981.

HOHNLOSER, S.; KLINGENHEBEN, T. Basic autonomic tests. In: MALIK, M. **Clinical guide to cardiac autonomic tests**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 423p, 1998.

JENSEN-URSTAD, K.; STORCK, N.; BOUVIER, F.; ERICSON, M.; LINDBLAD, L.E.; JENSEN-URSTAD, M. Heart rate variability in healthy subjects is related to age and gender. **Acta Physiol. Scand.**, v.160, p.235-41, 1997.

JOSÉ, A.D.; TAYLOR, R.R. Autonomic blockade by propranolol and atropine to study intrinsic myocardial in man. **J. Clin. Invest.**, v.48, p.2019-31, 1969.

KATONA, P.G.; JIH, F. Respiratory sinus arrhythmia: noninvasive measure of parasympathetic cardiac control. **J. Appl. Physiol.**, v.39, p.801-5, 1975

KESELBRENER, L.; AKSELROD, S. Autonomic responses to blockades and provocations. In: MALIK, M. **Clinical guide to cardiac autonomic tests**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 423p, 1998.

KAWAMURA, T. Avaliação da capacidade física e teste ergométrico. **Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo**, v.3, p.659-72, 2001.

LAKATTA, E.G.; LEVY, D. Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises. Part 1: aging arteries: a "set up" for vascular disease. **Circulation**, v.107, p.139-46, 2003a.

LAKATTA, E.G.; LEVY, D. Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises. Part II: aging heart in health: links to heart disease. **Circulation**, v.107, p.346-54, 2003b.

LEICHT, A.S.; ALLEN, G.D.; HOEY, A.J. Influence of age and moderate-intensity exercise training on heart rate variability in young and mature adults. **Can. J. Appl. Physiol.**, v.28, n.3, p.446-61, 2003a.

LEICHT, A.S.; ALLEN, G.D.; HOEY, A.J. Influence of intensive cycling training on heart rate variability during rest and exercise. **Can. J. Appl. Physiol.**, v.28, n.6, p.898-909, 2003b.

LEVY, W.C.; CERQUEIRA, M.D.; HARP, G.D.; JOHANNESSEN, K.; ABRASS, I.B.; SCHWARTZ, R.S.; STRATTON, J.R. Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young older men. **Am. J. Cardiol.**, v.82, p.1236-41, 1998.

LINDQVIST A. Noninvasive methods to study autonomic nervous control of circulation. **Acta Physiol. Scand. Suppl.**, v.588, p.1-107, 1990.

LIPSITZ, L.A.; MIETUS, J.; MOODY, G.B.; GOLDBERGER, A.L. Spectral characteristics of heart rate variability before and during postural tilt. Relations to aging and risk of syncope. **Circulation**, v.81, p.1803-10, 1990.

LONGO, A.; FERREIRA, D.; CORREIA, M.J. Variabilidade da frequência cardíaca. **Rev. Port. Cardiol.** v.14, p.241-62, 1995.

MARÃES, V.R.F.S.; SILVA, E.; CATAI, A.M.; RIBEIRO, T.F.; GALLO Jr, L. The heart rate variability in dynamic exercise. Its possible role to signal anaerobic threshold. In: **2000 APS Intersociety Meeting: The Integrative Biology of Exercise**, 2000, Portland, Maine. The Physiologist. Portland, Maine: American Physiological Society, v.43, p.339-339, 2000.

MALLIANI, A.; PAGANI, M.; LOMBARDI, F.; CERUTTI, S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. **Circulation**, v.84, p.482-92, 1991.

MELANSON E.L. Resting heart rate variability in men varying in habitual physical activity. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.32, p.1894-1901, 2000.

MELANSON E.L., FREEDSON P.S. The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.85, p.442-9, 2001

MIGLIARO E.R., CONTRETAS P., BECH S., ETXAGIBEL A., CASTRO M., RICCA R., VICENTE K. Relative influence of age, resting heart rate and sedentary life style in short-term analysis of heart rate variability. **Braz. J. Med. Biol. Res.**, v.34, p.493-500, 2001.

O'BRIEN, J.A.; 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. **Brit. Heart J.**, v.55, p.348-54, 1986.

PAGANI, M.; LOMBARDI, F.; GUZZETTI, S.; RIMOLDI, O.; FURLAN, R.; PIZZINELLI, P.; SANDRONE, G.; MALFATTO, G.; DELL'ORTO, S.; PICCALUGA, E.; TURIEL, M.; BASELLI, G.; CERUTTI, S.; MALLIANI, A. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. **Circulation Res.**, v.59, p.178-193, 1986.

PATERSON, D. H.; CUNNINGHAM, D. A.; KOVAL, J. J.; CROIX, C. M. ST. Aerobic fitness in a population of independently living men and women aged 55-86 years. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.31, n.12, p.1813-20, 1999.

PERINI, R.; MILESI, S.; FISHER, N.M.; PENDERGAST, D.R.; VEICSTEINAS, A. Heart rate variability during dynamic exercise in elderly males and females. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.82, p.8-15, 2000.

PERINI R.; VEICSTEINAS, A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions (Review article). **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.90, p.317-25, 2003

PICHOT, V.; BUSO, T.; ROCHE, F.; GARET, M.; COSTES, F.; DUVERNEY, D.; LACOUR, J.R.; BARTHÉLÉMY, J.C. Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study. **Med. Sci. Sports Exer.**, v.34, p.1660-6, 2002.

POMERANZ, B. MACAULAY, R.J.B.; CAUDILL, M.A.; KUTZ, I. ADAM, D.; GORDON, D.; KILBORN, K.M.; BARGER, A.C.; SHANNON, D.C.; COHEN, R.J.; BENSON, H. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. **Am. J. Physiol.**, v.248, p.H151-53., 1985.

PUMPRLA, J.; HOWORKA, K.; GROVES, D.; CHESTER, M.; NOLAN, J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications (Review article). **Inter. J. Cardiol.**, v.84, p.1-14, 2002.

RIBEIRO, M.P.; BRUM, J.M.; FERRARIO, C.M. Análise espectral da frequência cardíaca. Conceitos básicos e aplicação clínica. **Arq. Bras. Cardiol.**, v.59, p.141-9, 1992.

RIBEIRO, T.F.; AZEVEDO, G.D.; CRESCÊNCIO, J.C.; MARÃES, V.R.F.S.; PAPA, V.; CATAI, A.M.; VERZOLA, R.M.M.; OLIVEIRA, L.; SILVA de SÁ, M.F.S.; GALLO Jr, L.; SILVA, E. Heart rate variability at resting conditions in postmenopausal and young woman. **Braz. J. Med. Biol. Res.**, v.34, p.871-7, 2001.

ROGERS, M.A; HAGBERG, J.M.; MARTIN II, W.H.; EHSANI, A.A.; HOLLOSZY,.. Decline in  $VO_{2max}$  with aging in master athletes and sedentary men. **J. Appl. Physiol.**, v. 68, p. 2195-9, 1990.

SANTOS, M.D.B.; SAKABE, D.I.; MARÃES, V.R.F.S.; OLIVEIRA, L., MORAES, F.R.; TAKAHASHI, A.C.M.; GALLO JÚNIOR, L.; SILVA, E.; CATAI, A.M. Estudo da arritmia sinusal respiratória e da variabilidade da frequência cardíaca de homens jovens e de meia idade. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, v.13, p.15-26 (suplA), 2003.

SCHEUER, J.; TIPTON, C.M. Cardiovascular adaptations to physical training. **Ann. Rev. Physiol.**, v.39, p.221-51, 1977.



SCHUIT, A.J.; VAN AMELSVOORT, L.G.; VERHEIJ, T.C.; RIJNEKE, R.D.; MAAN, A.C.; SWENNE, C.A.; SCHOUTEN, EG. Exercise training and heart rate variability in older people. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 31, p.816-21, 1999.

SCOTT, A.S.; EBERHARD, A.; OFIR, D.; BENCHETRIT, G.; DINH, T.P.; CALABRESE, P.; LESIUK, V.; PERRAULT, H. Enhanced cardiac vagal efferent activity does not explain training-induced bradycardia. **Autonomic Neurosci.: Basic Clin.**, v.112: p.60-8, 2004.

SEALS, D.R.; TAYLOR, J.A.; NG, A.V.; ESLER, M.D. Exercise and aging: autonomic control of the circulation. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.26, p.568-76, 1994.

SHANNON, D.C.; CARLEY, D.W.; BENSON, H. Aging of modulation of heart rate. **Am. J. Physiol.**, v.253, p.H874-H877, 1987.

SEMRÁD, B.; FISER, B.; HONZÍKOVÁ, N. Ageing and cardiac autonomic status. In: MALIK, M. **Clinical guide to cardiac autonomic tests**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 423p, 1998.

SILVA, E.; CATAI, A.M.; TREVÉLIN, 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. **Annals of the World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering**, v. 39, p. 409-409, RJ, 1994.

SILVA, C.S.; NOGUEIRA, E.C.V.; MARQUES, L.S.; CATAI, A.M.; OLIVEIRA, L.; GOUVÊA, E.C.; GALLO Jr., L.; SILVA, E. Modulação circadiana da variabilidade da frequência cardíaca em repouso e durante exercício físico dinâmico. **Suplemento Especial da Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**. São Paulo. v.10, p. 77-77, 2000.

SILVA, E.; CATAI, A.M. Fisioterapia cardiovascular na fase tardia – fase III da reabilitação cardíaca. In: REGENGA, M.M. **Fisioterapia em cardiologia da U.T.I. à reabilitação**. 1ª ed. São Paulo: Roca, 417p., 2000.

SILVA, C.S.; MORAES, F.R.; QUITÉRIO, R.J.; GARCIA, A.P.U.; OLIVEIRA, L.; CATAI, A.M.; SILVA, E. Correlation between heart rate variability and surface electromyography during dynamic physical exercise. In: **Proceedings of the XIV<sup>th</sup> Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology**, 2002, Vienna, Austria. ISEK, Vienna, Austria: International Society of Electrophysiology and Kinesiology Austrian Society for Biomedical Engineering, p.413-414, 2002.

SIMPSON, D.M.; WICKS, R. Spectral analysis of heart rate indicates reduced baroreceptor-related heart rate variability in elderly persons. **J. Gerontol. Med. Sci.**, v.43, p.21-24, 1988.

SINGH, J.P.; LARSON, M.G.; O'DONNELL, C.J.; TSUJI, H.; EVANS, J.D.; LEVY, D. Heritability of heart rate variability. The Framingham heart study. **Circulation**, v.99, p.2251-5, 1999.

SMITH, S.A. Reduced sinus arrhythmia in diabetic autonomic neuropath: diagnostic value of an age-related normal range. **Brit. Med. J.**, v.285, p.1599-1601, 1982.

Sociedade Brasileira de Hipertensão, Sociedade Brasileira de Cardiologia, Sociedade Brasileira de Nefrologia. **IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial**, Campos do Jordão – SP, 2002.

SOSA, S.C.; CAMARENA, R.G.; RAMOS, R.R.; BAÑUELOS, V.M.; LEEHAN, J.A. The effects of body position, controlled breathing and exercise on the heart rate variability parameters in healthy subjects. **Arch. Inst. Cardiol. Med.**, v.69, p.511-25, 1999.

**STEIN, P.K.; EHSANI, A.A.; DOMITROVICH, P.P.; KLEIGER, R.E.; ROTTMAN, J.N. Effect of exercise training on heart rate variability in healthy older adults. Am. Heart J., v.138, p.567-76, 1999.**

STRANO, S.; LINO, S.; CALCAGNINI, G.; VIRGILIO, V.; CIARDO, R.; CERUTTI, S.; CALCAGNINI, G.; CASELLI, G. Respiratory sinus arrhythmia and cardiovascular neural regulation in athletes. **Med. Sci. Sports Exer.**, v.30, p.215-19, 1998.

SUNDKVIST, G.; ALMÉR, L.O.; LILJA, B. Respiratory influence on heart rate in diabetes mellitus. **Brit. Med. J.**, v.1, p.924-5, 1979.

TASK FORCE of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurements, physiological interpretation, and clinical use. **Circulation**, v.93, p.1043-65, 1996.

TAYLOR, J.A.; MYERS, C.W.; HALLIWILL, J.R.; SEIDEL, H.; ECKBERG, D.L. Sympathetic restraint of respiratory sinus arrhythmia: implications for vagal-cardiac tone assessment in humans, **Am. J. Physiol.**, v.280, p.H2804-H2814, 2001.

TONNER, P. H; KAMPEN, J.; SCHOLZ, J. Pathophysiological changes in the elderly. **Best Practie Res. Clin Anaest.**, v.17, p.163-77, 2003.

TOTH, M.J.; GARDNER, A.W.; ADES, P.A.; POEHLMAN, E.T. Contribution of body composition and physical activity to age-related decline in peak VO<sub>2</sub> in men and women. **J. Appl. Physiol.**, v. 77, p.647-652, 1994.

TULPPO, M.P.; MÄKIKALLIO, T.H.; SEPPÄNEN, T; LAUKKANEN, R.T.; HUIKURI, H.V. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **Am. J. Appl. Physiol.**, v.274, p.H424-429, 1998.

TULPPO, M.P.; HAUTALA, A.J.; MÄKIKALLIO, T.H.; LAUKKANEN, R.T.; NISSILÄ, S.; HUGHSON, R.L.; HUIKURI, H.V. Effects of aerobic training on heart rate dynamics in sedentary subjects. **J. Appl. Physiol.**, v.95, p.364-72, 2003.

WARWICK, R.; WILLIAMS, P.L. **Gray Anatomia**. 35<sup>a</sup> ed, Guanabara koogan, 1374p., 1973.

WILMORE, J.C.; COSTILL, D.L.; **Fisiologia do esporte e do exercício**. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Manole, 709p., 2002.

WHEELER, S.G.; AHRONI, J.H.; BOYKO, E.J. Prospective study of autonomic neuropathy as a predictor of mortality in patients with diabetes. **Diabetes Res. Clin. Practice**, v.58, p.131-8, 2002.

YAMAMOTO, K.; MIYACHI, M.; SAITOH, T.; YOSHIOKA, A.; ONODERA, S. Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.33, p.1496-502, 2001.

YASUMA, F.; HAYANO, J. Respiratory sinus arrhythmia. Why does the heartbeat synchronize with respiratory rhythm? **Chest**, v.125, p.683-90, 2004.

## **APÊNDICE 1**

### **Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676

Fones: (016) 260-8109 / 260-8110

Fax: (016) 261-3176 - Telex 162369 - SCUF - BR

CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil

End. Eletrônico: [propg@power.ufscar.br](mailto:propg@power.ufscar.br)

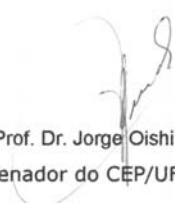
---

**Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, Referente ao Protocolo Nº. 061/03.**

**Deliberação**

O Comitê de Ética em Pesquisa para Experimentos em Seres Humanos da UFSCar (CEP/UFSCar), registrado do CENEP/Conselho Nacional de Saúde, pelo ato de 18 de março de 1997, acolhendo o parecer do relator e do revisor, deliberou pela aprovação do projeto **"Efeitos do Exercício Isocinético e Treinamento de Força dos Flexores e Extensores do Joelho Sobre a Variabilidade de Frequência Cardíaca, Torque e Atividade Eletromiográfica em Indivíduos Idosos"**, com protocolo nº 061/03, a ser desenvolvido por Ruth Caldeira de Melo sob a orientação do (a) Profa. Dra. Aparecida Maria Catai.

São Carlos, 29 de outubro de 2003.



Prof. Dr. Jorge Oishi  
Coordenador do CEP/UFSCar

## **APÊNDICE 2**

### **Consentimento Livre e Esclarecido**



poderão ser utilizadas para fins estatísticos ou científicos, sempre resguardando minha privacidade.

Eu li e entendi as informações precedentes. Além disso, todas as dúvidas que me ocorreram já foram sanadas.

Comprometo-me, por meio deste, seguir com o programa, visando reconhecer os meus limites orgânicos, além de me desempenhar para a continuidade do estudo proposto, salvo algum problema que possa surgir que me impossibilite de participar. No entanto, tenho a liberdade de abandonar o programa, a qualquer momento, caso seja de minha vontade.

São Carlos, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2004.

Assinatura do voluntário

Responsáveis:

Ruth Cadeira de Melo  
(mestranda)

Profa. Dra. Aparecida Maria Catai  
(orientadora)

Fone do Laboratório: (16) 3351-8705  
COMISSÃO DE ÉTICA DA UFSCar. Fone: (16) 3351-8109



**APÊNDICE 3**

**Ficha de Avaliação**

**LABORATÓRIO DE FISIOTERAPIA CARDIOVASCULAR**  
**Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico (NUPEF)**

FICHA DE AVALIAÇÃO

**Data:**

**Fisioterapeuta:**

Nome:

Data nascimento

Idade:

Sexo:

CPF:

RG:

UF:

Local Nascimento:

UF:

Raça:        ( ) branca    ( ) negra    ( ) amarela        ( ) vermelha

Profissão atual (tempo):

Profissão anterior (tempo):

Estado civil:

Grau de instrução:

Endereço:

Bairro:

Cidade:

UF: SP

Telefone:

E-mail:

### 1. Anamnese e Dados Pessoais

#### 1.1 Possui convênio médico?

( ) sim    Qual?:

( ) não

#### 1.2 Hábitos de vida:

a) É fumante atualmente?

( ) Sim

Cigarros/dia:

Há quanto tempo?:

( ) Não

b) Já fumou antes (se a resposta anterior for não)?

( ) Sim. Cigarros/dia:

Período fumante:

Quando parou?:

( ) Não

c) Ingere bebida alcoólica atualmente?

Sim. Que tipo?:  destilados  fermentados  ambos

Quantidade:

Frequência/semana:

Há quanto tempo?:

Não

d) Já ingeriu bebida alcoólica antes (se resposta anterior for não)?

Sim Que tipo?:  destilados  fermentados  ambos

Quantidade:

Frequência/semana:

Há quanto tempo?:

Não

e) Faz algum tipo de dieta alimentar?

sim Qual? Há quanto tempo?:

não

f) Pratica alguma atividade física?

Sim Qual?: Tem orientação?:

Nível:  leve  moderada  intensa  muito intensa

Frequência semanal:

Não

g) Já praticou alguma atividade física?

sim Qual?: Por quanto tempo?:

Frequência semanal:

Há quantos anos parou?:

não

h) Qual nível de stress na profissão? (ou ficha específica)

trabalho normal em ambiente tranquilo

trabalho com estresse e preocupações moderadas

trabalho estafante em ambiente estressante

- i) Nível de estresse apresentado pelo estilo de vida e tipo de personalidade
- ( ) Vida normal sem queixas
  - ( ) Sono normal/fisiológico
  - ( ) Problemas conjugais e/ou familiares
  - ( ) sono perturbado com menos de 8 horas por dia
  - ( ) comportamento do tipo “A”

### 1.3 Dados Clínicos:

a) Tem DCV diagnosticada?

- ( ) Sim                      Qual?:                      Há quanto tempo?:                      Médico:  
 ( ) Não

b) É hipertenso?

- ( ) Sim                      nível pressórico:  
 ( ) Não

c) Apresenta algum problema musculo-esquelético?

(Obs: quando a resposta for “sim” mencionar local e a data da lesão.)

- Fraturas:                      ( ) não                      ( ) sim  
 Luxações:                      ( ) não                      ( ) sim  
 Rupturas musculares                      ( ) não                      ( ) sim  
 Instabilidade:                      ( ) não                      ( ) sim  
 Lesões nervosas:                      ( ) não                      ( ) sim  
 Tendinites:                      ( ) não                      ( ) sim  
 Problema de coluna:                      ( ) não                      ( ) sim  
 Dificuldade de movimento:                      ( ) não                      ( ) sim  
 Outros:

d) Apresenta outras doenças?

	Tipo	Há quanto tempo	Tratamento
Tireóide			
Diabetes			
Dislipidemia			
Obesidade			
Renais			



Umidade ar: %

Última refeição há: h

**2.1.1 Sinais vitais**

Padrão Respiratório: ( ) apical ( ) costal ( ) diafragmático ( ) paradoxal

PA: mmHg

FC: bpm

FR: ipm

**2.1.2 Exame antropométrico:***Peso corporal (kg):**Estatura (m):**IMC (Kg/m<sup>2</sup>):*

Perimetria Coxa (5 em 5 cm acima bordo superior da patela)

	05	10	15	20	25	30
Direita						
Esquerda						

Perimetria braço (5 em 5 cm acima linha articular do cotovelo – fossa cubital)

	0	05	10	15
Direito				
Esquerdo				

Mensuração membro inferior

	Real	Aparente
Direito		
Esquerdo		

Composição corporal (% gordura corporal):

<b>Dobras cutâneas</b>					
Subescapular		Supra-ílica		Coxa	
Tricipital		Peitoral(h)/axilar(m)		Panturrilha	
Axilar média		Abdominal		Bíceps	

% gordura corporal:

Fórmula utilizada para cálculo:

**2.2 Exame fisioterapêutico****a) Músculo-esquelético**

- Inspeção e palpação:



## **APÊNDICE 4**

### **Tabelas**



**Tabela II.** Dados de idade e das características antropométricas de todos os voluntários do grupo jovem sedentário.

<b>Voluntários</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>
AASS	24	69	1,77	22,02
BL	21	89	1,96	23,17
CAAF	27	91,6	1,87	26,19
EAS	26	73,1	1,72	24,71
FEMM	21	83,5	1,8	25,77
JHS	20	67,8	1,81	20,69
MLN	22	71,3	1,74	23,55
RF	22	72	1,71	24,62
VFP	21	72	1,73	24,06
Média	22,67	76,59	1,79	23,87
Desvio padrão	2,45	8,97	0,08	1,75
Mínimo	20	67,80	1,71	20,70
1° Quartil	21	71,30	1,73	23,17
<b>Mediana</b>	<b>22</b>	<b>72</b>	<b>1,77</b>	<b>24,06</b>
3° Quartil	24	83,50	1,81	24,71
Máximo	27	91,60	1,96	26,19

**Tabela III.** Dados de idade e das características antropométricas de todos os voluntários do grupo idoso sedentário.

<b>Voluntários</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>AAO</b>	63	67	1,65	24,61
<b>ARO</b>	61	66,5	1,64	24,72
<b>LMN</b>	63	74,4	1,70	25,74
<b>MC</b>	62	70,0	1,69	24,51
<b>NG</b>	65	69,8	1,72	23,59
<b>JBN</b>	68	67,0	1,68	23,74
<b>LP</b>	65	77,0	1,72	26,03
<b>VAR</b>	61	85,3	1,74	28,17
Média	63,50	72,13	1,69	25,14
Desvio padrão	2,39	6,51	0,03	1,49
Mínimo	61	66,50	1,64	23,59
1° Quartil	62	67	1,67	24,32
<b>Mediana</b>	<b>63</b>	<b>69,90</b>	<b>1,70</b>	<b>24,67</b>
3° Quartil	65	75,05	1,72	25,81
Máximo	68	85,30	1,74	28,17

**Tabela IV.** Dados de idade e das características antropométricas de todos os voluntários do grupo jovem ativo.

<b>Voluntários</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>AJM</b>	24	77,0	1,86	22,26
<b>CAJ</b>	22	69,0	1,78	21,78
<b>CHS</b>	28	69,0	1,81	21,06
<b>EFM</b>	21	78,5	1,83	23,44
<b>FCC</b>	22	65,0	1,79	20,29
<b>FM</b>	22	60,0	1,75	19,59
<b>GHS</b>	23	76,0	1,86	21,97
<b>GMLS</b>	23	78,6	1,81	23,99
<b>GTP</b>	21	93,0	1,93	24,97
<b>HG</b>	24	70,0	1,76	22,60
<b>IDVV</b>	23	79,0	1,78	24,93
<b>LP</b>	22	74,0	1,84	21,86
<b>MFM</b>	20	80,6	1,85	23,55
<b>RFC</b>	19	81,0	1,85	23,67
<b>WJBS</b>	24	69,0	1,81	21,06
<b>WMC</b>	20	91,0	1,85	26,59
Média	22,38	75,67	1,82	22,72
Desvio padrão	2,13	8,74	0,05	1,87
Mínimo	19	60,00	1,75	19,59
1° Quartil	21	69,00	1,79	21,60
<b>Mediana</b>	<b>22</b>	<b>76,5</b>	<b>1,82</b>	<b>22,43</b>
3° Quartil	23	79,40	1,85	23,75
Máximo	28	93,00	1,93	26,59

**Tabela V.** Dados de idade e das características antropométricas de todos os voluntários do grupo idoso ativo.

<b>Voluntários</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>ADO</b>	60	80	1,77	25,54
<b>AWCB</b>	62	61	1,63	22,96
<b>CEW</b>	60	75,6	1,68	26,79
<b>GP</b>	61	71,8	1,66	26,06
<b>JBPS</b>	63	74,3	1,76	23,99
<b>PO</b>	63	66,4	1,64	24,69
<b>AS</b>	61	72,7	1,74	24,01
<b>SLB</b>	59	79,5	1,78	25,09
Média	61,12	72,66	1,71	24,89
Desvio padrão	1,45	6,41	0,06	1,24
Mínimo	59	61,00	1,63	22,96
1° Quartil	60	70,45	1,66	24,01
<b>Mediana</b>	<b>61</b>	<b>73,5</b>	<b>1,71</b>	<b>24,89</b>
3° Quartil	62,25	76,58	1,76	25,67
Máximo	63	80,00	1,78	26,79

**Tabela VII.** Resultado do eletrocardiograma (ECG) pré, durante e após a realização do protocolo I (TEFDC-D) do grupo idoso sedentário.

Voluntários	ECG
AAA	ECG de repouso em ritmo sinusal. Ausência de arritmias e alterações no segmento ST durante o esforço. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica.
ARO	ECG de repouso em ritmo sinusal. Ausência de arritmias e alterações no segmento ST durante o esforço. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica.
JBN	ECG de repouso em ritmo sinusal e presença de bloqueio divisional ântero superior esquerdo. Durante o esforço apresentou extra-sístoles ventriculares e supraventriculares isoladas, e ausência de alterações no segmento ST. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica.
LAP	ECG de repouso em ritmo sinusal e presença de bloqueio divisional ântero superior esquerdo. Ausência de arritmias e alterações no segmento ST durante o esforço. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica.
LMN	ECG de repouso em ritmo sinusal. Ausência de arritmias e alterações no segmento ST durante o esforço. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica.

---

MC	ECG de repouso em ritmo sinusal. Durante o esforço apresentou extra-sístoles ventriculares monomórficas isoladas e ausência de alterações no segmento ST. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica;
NG	ECG de repouso em ritmo sinusal com sinais de sobrecarga atrial esquerda. Ausência de arritmias e alterações no segmento ST durante o esforço. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica.
VAR	ECG de repouso em ritmo sinusal. Ausência de arritmias e alterações no segmento ST durante o esforço. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica.

---

**Tabela VIII.** Resultado do eletrocardiograma (ECG) pré, durante e após a realização do protocolo I (TEFDC-D) do grupo idoso ativo.

<b>Voluntários</b>	<b>ECG</b>
ADO	ECG de repouso em ritmo sinusal. Ausência de arritmias e alterações no segmento ST durante o esforço. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica.
AWCB	ECG de repouso em ritmo sinusal. Durante o esforço apresentou extra-sístoles ventriculares monomórficas isoladas e quadrigeminadas, e ausência de alterações no segmento ST. No ECG pós-teste observou-se extra-sístoles ventriculares monomórficas isoladas. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica.
CEW	Bradicardia sinusal em repouso. Ausência de arritmias e alterações no segmento ST durante o esforço. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste com extra-sístole ventricular isolada (única). Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica
GP	ECG de repouso em ritmo sinusal. Ausência de arritmias e alterações no segmento ST durante o esforço. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica.
JBPS	Bradicardia sinusal em repouso e presença de bloqueio divisional ântero superior esquerdo. Ausência de arritmias e alterações no segmento ST durante o esforço. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica.

---

PS	Bradicardia sinusal em repouso e sinais de sobrecarga do ventrículo esquerdo. Ausência de arritmias e alterações no segmento ST durante o esforço. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica.
SA	Bradicardia sinusal em repouso e presença de bloqueio de ramo esquerdo. Ausência de arritmias e alterações no segmento ST durante o esforço. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica.
SLB	Bradicardia sinusal em repouso e sinais de sobrecarga do ventrículo esquerdo. Ausência de arritmias e alterações no segmento ST durante o esforço. ECG pós-teste similar ao ECG pré-teste. Teste ergométrico negativo para isquemia miocárdica.

---



**Tabela IX.** Média, desvio padrão (dp) e mediana da frequência cardíaca (FC), em batimentos por minuto, em repouso sentado, máxima estimada para a idade e no pico do TEFDC-D. Pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), em milímetros de mercúrio (mmHg), durante o repouso supino e no pico do TEFDC-D. Potência pico atingida durante o TEFDC-D dos grupos: jovem sedentário (JS), jovem ativo (JA), idoso sedentário (IS) e idoso ativo (IA).

VARIÁVEIS		GRUPOS			
		JS	JA	IS	IA
<b>Repouso</b>					
FC (bpm)	<i>média</i>	69,11	66,92	65,25	56,75
	<i>dp</i>	13,57	6,91	7,83	6,34
	<i>mediana</i>	66	68	63	59
PAS (mmHg)	<i>média</i>	119,44	116,77	126,75	120,63
	<i>dp</i>	3,91	7,24	8,21	9,04
	<i>mediana</i>	120	120	122	120
PAD (mmHg)	<i>média</i>	78,33	75,77	80,63	79,88
	<i>dp</i>	5,00	6,41	1,77	5,74
	<i>mediana</i>	80	80	80	80
<b>Estimada</b>					
FC(bpm)	<i>média</i>	197,56	197,46	156,38	159,63
	<i>dp</i>	2,60	2,88	2,83	1,51
	<i>mediana</i>	199	197	157	159
<b>Pico do TEFDC-D</b>					
FC (bpm)	<i>média</i>	190,22	189,0	158,25	151,25
	<i>dp</i>	9,85	9,35	10,15	13,92
	<i>mediana</i>	193	194	157	157
PAS(mmHg)	<i>média</i>	186,11	200,77	201,88	206,88
	<i>dp</i>	10,54	16,05	10,5	19,81
	<i>mediana</i>	180	200	190	210
PAD(mmHg)	<i>média</i>	79,44	83,85	96,25	100,63
	<i>dp</i>	3,91	9,82	7,91	10,84
	<i>mediana</i>	80	80	100	100
Potência (Watts)	<i>média</i>	188,89	211,54	125,0	150,0
	<i>dp</i>	28,26	29,96	18,90	29,80
	<i>mediana</i>	175	200	125	150