

**Universidade do Vale do Paraíba  
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento**

“Variabilidade da Frequência Cardíaca: Estudo comparativo das respostas autonômicas cardiovasculares em atletas de Futsal e sedentários jovens”

*Rui Leite do Prado*

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós – Graduação em Ciências Biológicas como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

São José dos Campos, SP  
2005

**Universidade do Vale do Paraíba  
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento**

**Variabilidade da Frequência Cardíaca: Estudo comparativo das respostas  
autônomicas cardiovasculares em atletas de Futsal e sedentários jovens**

*Rui Leite do Prado*

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
programa de Pós – Graduação em Ciências  
Biológicas como complementação dos créditos  
necessários para obtenção do título de Mestre em  
Ciências Biológicas

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Álvaro B. Lopes Martins

São José dos Campos, SP  
2005

P92v

Prado, Rui Leite do

Variabilidade da Frequência Cardíaca: Estudo comparativo das respostas autonômicas cardiovasculares em atletas de Futsal e sedentários jovens / Rui Leite do Prado. São José dos Campos: UniVap, 2005

227p.; il.; 30cm

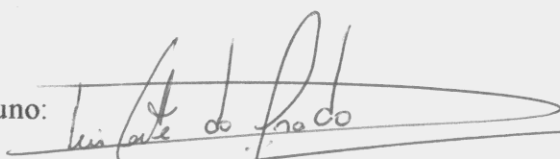
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, 2005

1.Frequência cardíaca - avaliação 2.Futsal 3. Atletas  
4.Sistema nervoso autônomo I. Martins, Rodrigo Álvaro Brandão, Orient. II. Título

CDU: 612.176

Autorizo para fins acadêmicos e científicos a reprodução total ou parcial desta dissertação por meio fotocopiador ou eletrônico.

Aluno:



Data: 02-02-2005

---

**“VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA: ESTUDO COMPARATIVO DAS  
RESPOSTAS AUTONÔMICAS CARDIOVASCULARES EM ATLETAS DE  
FUTSAL E SEDENTÁRIOS JOVENS”**

Rui Leite do Prado

Banca Examinadora:


Prof. Dr. MARCOS TADEU T. PACHECO (UNIVAP) 

Prof. Dr. RODRIGO A. B. L. MARTINS (UNIVAP) 

Prof. Dr. JOSÉ PAULO B. DESTRO (IEAV) 

Prof. Dr. TAKASHI YONEYAMA (ITA) 

Prof. Dr. CARLOS EDUARDO NEGRÃO (USP) 

  
Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco  
Diretor do IP&D - UniVap  
São José dos Campos, 01 de fevereiro de 2005.

*“Sendo a língua o veículo das idéias, quando não  
for bebida na veia mais límpida, mais cristalina,  
mais extreme, não verterá extreme, cristalino,  
límpido o pensamento de quem a utiliza.”*

**Rui Barbosa**

## Dedicatória

Aos meus pais, José e Maria, “*in memóriam*”, pelo exemplo de amor e dedicação à família.

À minha esposa, Giovanna pela demonstração de amor através da renúncia aos seus sonhos, para que eu pudesse realizar os meus.

Ao meu filho Octávio, a minha maior inspiração, enriquecendo o nosso cotidiano com seu carisma e sua alegria.

À minha filha que ainda vai nascer e em breve estará aqui para nos trazer muitas alegrias.

## **Agradecimento especial**

A todos os voluntários, por terem cedido algumas horas de suas vidas para que eu pudesse realizar este trabalho.

A todos vocês, meu respeito e gratidão.

## Agradecimentos

- A Deus, por todos os momentos nos quais esteve sempre presente, dando-me força e serenidade para superar os obstáculos,
- À minha família, e amigos, pelo carinho e compreensão das ausências destes anos,
- Ao meu orientador Prof<sup>o</sup> Dr. Rodrigo Lopes Martins que, desde a concepção inicial deste estudo, empenhou-se de modo singular para que este momento se tornasse realidade,
- Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Cairo Lúcio Nascimento Junior, que me acolheu desde o momento em que comecei a trabalhar com Matlab, permitindo que utilizasse o laboratório da rede de computadores da Eletrônica do Instituto Tecnológico da Aeronáutica ELE/ITA, onde pude desenvolver parte do meu trabalho acadêmico de forma tranqüila,
- Ao Cardiologista e Prof<sup>o</sup> Dr. Jorge Pinto Ribeiro da UFRS, com sua vasta experiência nesta área contribuiu de forma significativa para a conclusão final da tese,
- Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Rodrigo A. Lazo Osorio, por ter revisado e também pelos incentivos e oportunidades de compartilhar os meus conhecimentos com outros colegas,
- À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Tereza Cristina da UFSCar e ao Prof Luiz Carlos Laureano da Rosa, apesar de nos conhecermos há pouco tempo, demonstraram total interesse e apoio na análise estatística,
- Ao Prof<sup>o</sup> Mestre João Luiz Azevedo e toda a sua equipe: Professores doutores Adson Ferreira da Rocha, Francisco Assis do Nascimento e Luiz Fernando Junqueira Jr., do Departamento de Engenharia Elétrica e Medicina da Universidade de Brasília - UNB, por ceder gentilmente o programa desenvolvido em Matlab e pela troca de idéias via e-mails e telefonemas, contribuições sem as quais este trabalho não teria sido realizado,
- Ao treinador e preparador físico Francisco Sarmiento de Mello e a toda comissão técnica, pelo apoio e amizade compartilhados durante todo o período em que estive presente junto a equipe juvenil de Futsal da AESJ,
- Aos Mestres e amigos Denise Alonso e Ronaldo Vilela Barros, da Universidade de São Paulo, por toda ajuda na identificação dos limiares,



- Aos amigos Osmar Vogler, Alexandre Boa Ventura Oliveira da Pós-Graduação do ITA, André Ferreira de Oliveira do Ensaio de Vôo do CTA e André Brennand do Instituto de Estudos Avançados (IEAv) que me auxiliaram nos momentos mais decisivos da minha tese,
- À Dr<sup>a</sup> Wanessa Nogueira Campos pela disposição na avaliação clínica e ao Prof<sup>o</sup> Ney Veneziani pelo auxílio na avaliação física dos voluntários,
- À Cardiologista e Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Edna M<sup>a</sup> Lavisio, pela amizade, respeito e competência nas suas orientações,
- Aos amigos Prof<sup>o</sup> Msc Maurício Galdino da UNITAU e ao Engenheiro Mario T. Shimanuki do ITA, pelo auxílio irrestrito oferecido durante a preparação final da minha apresentação,
- Ao Prof<sup>o</sup> Dr Carlos Criollo da UNIVAP e aos engenheiros do ITA, Alan, Clênio.e Maxmilian, pela atenção e interesse em ajudar no aperfeiçoamento da rotina do Matlab,
- Aos profissionais do Laboratório do Esforço Físico da Universidade do Vale do Paraíba – LAEF/UNIVAP: professores Fabiano Barros Souza e Leandro Y.A. Kawaguchi, pelo apoio e pela disponibilidade em ajudar na realização dos experimentos deste trabalho,
- A Fundação Cassimiro Montenegro Filho do ITA, em especial ao Prof<sup>o</sup> Dr. Adilson Marques da Cunha por ceder o espaço em seu laboratório de tecnologia (LAB/TEC), onde pude fazer todas as pesquisas, com acesso às bibliotecas eletrônicas e a secretária Ósea Ivete C. Mattos pela confiança depositada,
- Aos colegas de trabalho da Divisão de alunos do ITA secretária Mirian S. Goulart, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Elizabeth S. Gonçalves e Prof<sup>o</sup> Dr Alberto Adade Filho,
- Ao bibliotecário Aurélio Marcondes e à bibliotecária Elaine Nuci do ITA, pelo auxílio em todos os momentos,
- À bibliotecária Rosângela RC Taranger, da UNIVAP, por sua atenção e apoio na organização do trabalho,
- A todos os professores que contribuíram para minha formação,
- E a todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, se propuseram a ajudar de alguma forma na realização deste trabalho.

Muito obrigado

## SUMÁRIO

|  |             |
|--|-------------|
| <b>LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS UTILIZADAS.....</b>                      | <b>i</b>    |
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>   | <b>iii</b>  |
| <b>LISTA DE TABELAS.....</b>   | <b>vii</b>  |
| <b>LISTA DE EQUAÇÕES.....</b>  | <b>viii</b> |
| <b>RESUMO .....</b>  | <b>ix</b>   |
| <b>ABSTRACT.....</b>   | <b>xi</b>   |
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>1</b>    |
| 1.1 Objetivo.....  | 3           |
| 1.2 Justificativas .....   | 4           |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>   | <b>6</b>    |
| 2.1 Sistema cardiovascular .....   | 7           |
| 2.2 Estrutura cardíaca.....  | 10          |
| 2.3 Sistema nervoso autonômico – SNA - (controle extrínseco) .....                   | 10          |
| 2.4 Sistema de condução elétrica cardíaca (controle intrínseco) .....                | 11          |
| 2.5 Função dos moduladores fisiológicos do sistema nervoso autonômico.....           | 13          |
| 2.6 Eletrocardiograma.....   | 14          |
| 2.6.1 Variabilidade de frequência cardíaca (VFC) .....                               | 17          |
| 2.6.2 Métodos de Análise da variabilidade da frequência cardíaca.....                | 17          |
| 2.6.3 Análise no domínio do tempo .....  | 18          |
| 2.6.4 Análise no domínio da frequência .....   | 20          |
| 2.7 Algoritmo utilizado para Análise Tempo-Frequência do sinal VFC .....             | 22          |
| 2.7.1 Distribuições Tempo-Frequência (DTF).....                                      | 23          |
| 2.7.2 Espectrograma Auto-Regressivo .....  | 24          |
| 2.8 Efeito do destreinamento e do treinamento aeróbico na VFC.....                   | 26          |
| 2.8.1 Variabilidade da frequência cardíaca durante o exercício físico dinâmico ..... | 32          |
| 2.8.2 Variabilidade da frequência cardíaca durante a recuperação.....                | 33          |
| 2.8.3 Interações cardiorespiratórias no controle VFC.....                            | 34          |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>   | <b>36</b>   |
| 3.1 Aspectos Éticos .....  | 37          |
| 3.2 Critério de inclusão.....  | 38          |
| 3.3 Coleta de dados dos atletas.....   | 38          |
| 3.3.1 Periodização do período preparatório .....                                     | 39          |
| 3.3.1.1 Fase Básica.....   | 39          |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3.1.2 Fase específica .....   | 39        |
| 3.4 Coleta de dados dos sedentários .....   | 40        |
| 3.5 Avaliação Clínica .....   | 40        |
| 3.5.1 Medidas antropométricas .....   | 41        |
| 3.6 Protocolo experimental.....   | <b>42</b> |
| 3.6.1 Padronização para coleta do sinal do eletrocardiograma .....  | 43        |
| 3.6.2 Padronização para as coletas dos dados metabólicos e descrição do protocolo de<br>velocidade .....                          | 46        |
| 3.7 Determinação do limiar ventilatório 1 (LV1) .....   | 47        |
| 3.8 Determinação do pico máximo de oxigênio .....   | 48        |
| 3.9 Detecção dos Complexos QRS.....   | 48        |
| 3.10 Metodologia empregada para classificação e eliminação dos batimentos ectópicos .....   | 48        |
| 3.11 Parâmetros empregados para a análise da VFC durante as 4 fases do TEFDC-D.....   | 50        |
| 3.12 Forma utilizada para a seleção do trecho de 180 segundos, referente às 4 fases (AQ – LV1 -<br>PE - RA).....                  | 51        |
| 3.13 Configuração utilizada para o processamento do sinal (iRR) nas 4 fases do teste de esforço<br>físico (AQ, LV1, PE e RA)..... | 51        |
| 3.14 Índices temporais utilizados .....   | 52        |
| 3.15 Índices espectrais utilizados .....  | 54        |
| 3.16 Abordagem estatística .....  | 55        |
| <b>4. RESULTADOS.....</b>   | <b>56</b> |
| 4.1 Idade, características antropométricas e capacidade vital dos voluntários estudados.....                                      | 57        |
| 4.2 Tempo de atividade dos atletas de Futsal e inatividade dos sedentários .....  | 58        |
| 4.3 Distância percorrida (km) .....   | 58        |
| 4.4 Velocidade (km/h) .....   | 59        |
| 4.5 Teste de esforço físico dinâmico contínuo do tipo degraus (TEFDC-D).....  | 60        |
| 4.5.1 Limiar Ventilatório 1 (LV1) .....   | 60        |
| 4.5.1.1 Consumo de Oxigênio relativo ( $VO_2$ -ml/kg/min) no LV1 .....  | 60        |
| 4.5.1.2 Consumo de Oxigênio absoluto ( $VO_2$ -l/min) no LV1.....   | 61        |
| 4.5.1.3 Frequência Cardíaca (FC) no LV1 .....   | 62        |
| 4.5.1.4 Potência (P) no LV1 .....   | 62        |
| 4.5.1.5 Ventilação Pulmonar (VE) no LV1.....  | 63        |
| 4.5.1.6 Produção de Dióxido de Carbono ( $VCO_2$ ) LV1.....   | 64        |
| 4.5.1.7 Análise de correlação no limiar ventilatório 1 (LV1).....   | 65        |
| 4.5.2 Pico do esforço (PE).....   | 66        |
| 4.5.2.1 Consumo de Oxigênio relativo ( $VO_2$ -ml/kg/min) Pico .....  | 66        |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 4.5.2.2 | Consumo de Oxigênio absoluto ( $VO_2$ -l/min) Pico.....  | 66 |
| 4.5.2.3 | Frequência Cardíaca (FC) Pico.....   | 67 |
| 4.5.2.4 | Potência (P) Pico.....   | 67 |
| 4.5.2.5 | Ventilação Pulmonar (VE) Pico.....   | 68 |
| 4.5.2.6 | Produção de Dióxido de Carbono ( $VCO_2$ ) Pico.....   | 69 |
| 4.5.2.7 | Análise de correlação no pico do esforço (PE).....   | 70 |
| 4.5.3   | Correlação entre os valores das variáveis no LV1 e no PE.....  | 71 |
| 4.5.3.1 | Dispersão das variáveis metabólicas no LV1 e no PE.....  | 71 |
| 4.6     | Análise temporal e espectral da variabilidade da frequência cardíaca (VFC).....                        | 77 |
| 4.6.1   | Análise dos índices temporais na fase de aquecimento (AQ).....   | 77 |
| 4.6.1.1 | Intervalo RR médio (iRR).....  | 77 |
| 4.6.1.2 | Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN).....   | 78 |
| 4.6.1.3 | Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (r-MSSD)..... | 78 |
| 4.6.2   | Resultados da Análise dos índices espectrais na fase de aquecimento (AQ).....                          | 80 |
| 4.6.2.1 | Densidade de potência espectral baixa frequência (PSD LF).....   | 80 |
| 4.6.2.2 | Densidade de potência espectral alta frequência (PSD HF).....  | 80 |
| 4.6.2.3 | Razão baixa frequência para alta frequência (LF/HF).....   | 80 |
| 4.6.3   | Correlações entre os valores dos índices temporais e espectrais na fase AQ.....                        | 81 |
| 4.6.4   | Resultados da Análise dos índices Temporais obtidos na fase do limiar Ventilatório 1 (LV1).....        | 82 |
| 4.6.4.1 | Intervalo RR médio (iRR).....  | 82 |
| 4.6.4.2 | Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN).....   | 82 |
| 4.6.4.3 | Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (r-MSSD)..... | 83 |
| 4.6.5   | Análise espectral – limiar ventilatório 1 (LV1).....   | 84 |
| 4.6.5.1 | Densidade de potência espectral baixa frequência (PSD LF).....   | 84 |
| 4.6.5.2 | Densidade de potência espectral alta frequência (PSD HF).....  | 84 |
| 4.6.5.3 | Razão baixa frequência para alta frequência (razão LF/HF).....   | 84 |
| 4.6.6   | Correlações entre os valores dos índices temporais e espectrais na fase do LV1.....                    | 85 |
| 4.6.7   | Análise temporal –pico do esforço (PE).....  | 86 |
| 4.6.7.1 | Intervalo RR médio (iRR).....  | 86 |
| 4.6.7.2 | Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN).....   | 86 |
| 4.6.7.3 | Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (r-MSSD)..... | 87 |
| 4.6.8   | Análise espectral – pico do esforço (PE).....  | 88 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 4.6.8.1  | Densidade de potência espectral baixa frequência (PSD LF).....   | 88  |
| 4.6.8.2  | Densidade de potência espectral alta frequência (PSD HF).....  | 88  |
| 4.6.8.3  | Razão baixa frequência para alta frequência (razão LF/HF).....   | 88  |
| 4.6.9    | Correlações entre os valores dos índices temporais e espectrais – no pico do esforço (PE).....                           | 89  |
| 4.6.10   | Análise temporal – recuperação ativa (RA).....   | 90  |
| 4.6.10.1 | Intervalo RR médio (iRR) .....   | 90  |
| 4.6.10.2 | Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN).....   | 90  |
| 4.6.10.3 | Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (r-MSSD).....                   | 91  |
| 4.6.11   | Análise espectral – recuperação ativa (RA).....  | 92  |
| 4.6.11.1 | Densidade de potência espectral baixa frequência (PSD LF).....   | 92  |
| 4.6.11.2 | Densidade de potência espectral alta frequência (PSD HF).....  | 92  |
| 4.6.11.3 | Razão baixa frequência para alta frequência (razão LF/HF).....   | 92  |
| 4.6.12   | Correlações entre os valores dos índices temporais e espectrais – RA.....  | 94  |
| 4.7      | Análise da variância dos índices temporais e espectrais nas 4 fases do TEFDC-D – atletas (AFS) e sedentários (SED).....  | 94  |
| 4.7.1    | Índices temporais - Atletas.....   | 94  |
| 4.7.1.1  | Intervalo RR médios (iRR).....   | 95  |
| 4.7.1.2  | Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN).....   | 95  |
| 4.7.1.3  | Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (r-MSSD).....                   | 95  |
| 4.7.2    | Índices espectrais - Atletas.....  | 96  |
| 4.7.2.1  | Densidade de potência espectral baixa frequência (PSD LF).....   | 96  |
| 4.7.2.2  | Densidade de potência espectral alta frequência (PSD HF).....  | 97  |
| 4.7.2.3  | Razão baixa frequência para alta frequência (razão LF/HF).....   | 97  |
| 4.7.3    | Índices temporais - Sedentários .....  | 99  |
| 4.7.3.1  | Intervalo RR médio (iRR) .....   | 99  |
| 4.7.3.2  | Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN).....   | 99  |
| 4.7.3.3  | Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (r-MSSD).....                   | 99  |
| 4.7.4    | Análise da variância dos índices espectrais - Sedentários.....   | 101 |
| 4.7.4.1  | Densidade de potência espectral baixa frequência (PSD LF).....   | 101 |
| 4.7.4.2  | Densidade de potência espectral alta frequência (PSD HF).....  | 101 |
| 4.7.4.3  | Razão baixa frequência para alta frequência (razão LF/HF).....   | 101 |
| 4.8      | Correlações das capacidades metabólicas <i>versus</i> índices temporais e espectrais obtidos no obtidos no LV1 e PE..... | 103 |

|  |            |
|--|------------|
| 4.9 Resultado da análise de distribuição tempo-freqüência AR.....  | 103        |
| <b>5. DISCUSSÃO.....</b>   | <b>105</b> |
| 5.1 Características antropométricas.....   | 106        |
| 5.2 Freqüência cardíaca de repouso.....  | 107        |
| 5.3 Limiar ventilatório 1 (LV1) .....  | 107        |
| 5.4 Pico do esforço (PE).....  | 108        |
| 5.5 Dispersão das variáveis metabólicas no limiar ventilatório 1 (LV1) e no Pico do esforço... 110   |            |
| 5.6 Variabilidade da freqüência cardíaca (VFC).....  | 111        |
| 5.6.1 Análise dos índices temporais e espectrais.....  | 111        |
| 5.6.1.1 Análise temporal na fase do aquecimento (AQ).....  | 111        |
| 5.6.2 Comparação entre os dois grupos (AFS vs SED).....  | 112        |
| 5.6.3 Análise espectral da variabilidade da freqüência cardíaca.....   | 113        |
| 5.6.4 Comparação dos componentes de baixa freqüência (LF) <i>versus</i> alta freqüência (HF) nas quatro fases.....   | 113        |
| 5.6.5 Razão LF/HF.....   | 116        |
| 5.6.6 Correlação dos índices temporais <i>versus</i> índices espectrais.....   | 119        |
| 5.6.6.1 iRR médios <i>versus</i> LF e HF e razão LF/HF nas 4 fases do TEFDC-D.....   | 119        |
| 5.6.6.2 Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN) <i>vs</i> alta e baixa freqüência (HF e LF) .....  | 120        |
| 5.6.6.3 Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (R-MSSD) <i>vs</i> alta e baixa freqüência e razão LF/HF..... | 120        |
| 5.7 Análise de distribuição tempo-freqüência AR.....   | 121        |
| 5.8 Considerações finais .....   | 124        |
| 5.9 Algumas limitações.....  | 125        |
| <b>6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.....</b>   | <b>126</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>   | <b>130</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>  | <b>149</b> |
| <b>ANEXO A .....</b>   | <b>150</b> |
| <b>ANEXO B .....</b>   | <b>151</b> |
| <b>ANEXO C .....</b>   | <b>153</b> |
| <b>ANEXO D .....</b>   | <b>158</b> |
| <b>ANEXO E .....</b>   | <b>176</b> |

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS UTILIZADAS

|                  |   |   |
|------------------|---|---|
| A/D              | - | Conversor análogo – digital   |
| AR               | - | Modelo auto-regressivo  |
| ASCII            | - | “ <i>American Standard Code for Information Interchange</i> ”- Código usado para gravar arquivos de texto no computador |
| ATFAR            | - | Análise Tempo-Frequência Auto-Regressiva  |
| bpm              | - | Batimentos por minuto   |
| BTPS             | - | “ <i>Body temperature pressure standard</i> ” (padrão)  |
| DC               | - | Débito cardíaco   |
| DF               | - | Domínio da frequência   |
| Dp               | - | Desvio padrão   |
| DT               | - | Domínio do tempo  |
| ECG              | - | Eletrocardiograma   |
| FeO <sub>2</sub> | - | Fração expirada de oxigênio   |
| FC               | - | Frequência cardíaca   |
| FR               | - | Frequência Respiratória   |
| FSR              | - | Frequência sinus respiratória   |
| Futsal           | - | Futebol de salão  |
| HF               | - | “ <i>High frequency</i> ” – componente espectral de alta frequência   |
| Hz               | - | Hertz   |
| LA               | - | Limiar anaeróbio  |
| LF               | - | “ <i>Low frequency</i> ”- componente espectral de baixa frequência  |
| l/min            | - | Litros por minuto   |
| LV               | - | Limiar ventilatório   |
| Matlab           | - | Ambiente para processamento de sinais e cálculos com matrizes   |
| ml/kg/min        | - | Mililitros por peso por grama por minuto  |
| mmHg             | - | Milímetro de mercúrio   |
| ms               | - | Millessegundos  |
| ms <sup>2</sup>  | - | Millessegundo ao quadrado   |
| PNN50            | - | Porcentagem dos ciclos sucessivos que apresentam diferenças de duração acima de 50 milissegundos.                       |
| PSD              | - | “ <i>Power spectral density</i> ” – densidade de potência espectral   |
| QRS              | - | Complexo que representa a contração ventricular   |
| r <sub>s</sub>   | - | Coefficiente de correlação de Spearman  |
| rpm              | - | Respiração por minuto   |
| iRR              | - | Intervalo entre duas ondas R no eletrocardiograma   |
| iRR médios       | - | Valor médio dos intervalos RR no eletrocardiograma  |
| RMSSD            | - | Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes                                |
| SA               | - | Sino atrial   |
| SDANNi           | - | Desvio-padrão das médias dos intervalos R-R   |
| SDNN             | - | Desvio-padrão de todos os intervalos R-R  |
| SDNNi            | - | Média dos desvios-padrão dos intervalos R-R   |
| SNA              | - | Sistema nervoso autônomo  |
| SNC              | - | Sistema nervoso central   |
| SNS              | - | Sistema nervoso simpático   |

|                     |   |  |
|---------------------|---|--|
| SNP                 | - | Sistema nervoso parassimpático   |
| STPD                | - | “ <i>Standard temperature and pressure dry</i> ”                                 |
| STFT“               | - | “ <i>Short-Time Fourier Transform</i> ” - Transformada de Fourier de Curto-termo |
| TEFDC-D             | - | Teste de esforço físico dinâmico contínuo do tipo degraus                        |
| TV                  | - | “ <i>Tidal volume</i> ” – volume corrente  |
| ULF                 | - | “ <i>Ultra low frequency</i> ” - espectro de frequência ultra baixa              |
| URA                 | - | Umidade relativa do ar   |
| VE                  | - | Ventilação pulmonar (BTPS)   |
| VCO <sub>2</sub>    | - | Produção de dióxido de carbono   |
| VFC                 | - | Variabilidade da frequência cardíaca   |
| VO <sub>2</sub>     | - | Cosumo de oxigênio   |
| VO <sub>2</sub> máx | - | Consumo máximo de oxigênio (STPD)  |
| VLF                 | - | “ <i>Very low frequency</i> ” - espectral de frequência muito baixa              |
| W                   | - | Wats   |



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Circulação sistêmica. A direção do fluxo sanguíneo desoxigenado (CO<sub>2</sub>) é indicado pelas setas azuis; seguindo a seqüência numérica (1,2 e 3). A direção do fluxo sanguíneo oxigenado (O<sub>2</sub>) é indicado pelas setas vermelhas, seguindo a seqüência numérica (4, 5 e 6)..... 8*
- Figura 2 - Sistema de condução elétrica cardíaca, através do nodo sinusal (SA) e sistema de Purkinje, mostrando também o nodo atrioventricular, as vias atriais internodais e os ramos ventriculares do Feixe de Hiss (GUYTON;HALL 2002)..... 12*
- Figura 3 - Eventos no eletrocardiograma. A onda P corresponde à despolarização (estimulação) dos átrios. O complexo QRS resulta da soma das ondas de despolarização dos dois ventrículos, que superpõe, mas que não são sincronizadas, gerando uma onda de grande amplitude. A onda T, por sua vez, corresponde à repolarização dos ventrículos. A repolarização dos átrios não é visível no ECG, pois é sobreposta pelo complexo QRS (BURTON, 1977)..... 16*
- Figura 4- SDNN = desvio-padrão de todos os intervalos R-R, expresso em milissegundos (ms)..... 18*
- Figura 5 - SDANNi desvio-padrão das médias dos intervalos R-R, calculados em intervalos de cinco minutos, expressa em ms. .... 18*
- Figura 6 - SDNNi = média dos desvios-padrão dos intervalos R-R calculados em intervalos R-R de cinco minutos, expressa em milissegundos. .... 19*
- Figura 7 - PNN50 = percentagem dos ciclos sucessivos que apresentam diferenças de duração acima de 50 ms. Neste exemplo equivale a 20 %, ou seja dos 10 intervalos RR adjacentes, apenas dois (o 2º e o 8º) apresentam diferenças de duração superior a (+)50 ms..... 19*
- Figura 8 - Espectrograma AR, exemplos do comportamento do sistema nervoso autônomo (simpático e parassimpático) em dois momentos diferentes: em (A) representa um indivíduo em repouso na posição sentado, em (B), na posição deitado..... 25*
- Figura 9 - Significado das cores apresentadas nos espectrogramas..... 25*
- Figura 10– Modelo dos mecanismos envolvidos na adaptação do consumo máximo de oxigênio em treinados em paralelo com os dos destreinados..... 32*
- Figura 11 - Ilustração das montagens de 3 derivações do ECG e do analisador de gases..... 45*
- Figura 12- Representação esquemática do TEFDC-D realizado em esteira elétrica automática com inclinação constante 1,5 %. A cor azul representa o aquecimento (AQ) com duração de 1 min a cada estágio, a cor marrom o exercício (Ex) com 2 min a cada estágio, e a cor amarela a recuperação ativa (RA) com 1min a cada estágio..... 47*
- Figura 13 - Identificação do limiar ventilatório 1 (LV1) por técnica ventilatória. Observado no instante durante o exercício em que as curvas de VE/ VO<sub>2</sub> (linha azul escuro, em a) e FeO<sub>2</sub> (linha vermelha, em b), atingiram seu valor mínimo antes de começarem a subir, indicados por uma seta vertical..... 48*
- Figura 14 - Exemplo de intervalograma para detecção de batimentos ectópicos, num trecho de 180 segundos na fase do aquecimento..... 49*

- Figura 15 Representação esquemática do parâmetro adotado para a seleção dos trechos (janelas – 180 segundos), nas diferentes fases do exercício físico dinâmico. Em (a) intervalograma RR e em (b) espectrograma. (ENU) = espaço não utilizado para o estudo da VFC. A seta verde em (a) indica o ponto central do LVI..... 50
- Figura 16 - Ilustração da tela do computador do programa analisador dos gráficos T-F de um dos AFS - AQ 1) gráfico de intervalos RR interpolado com “spline” cúbica; 2) gráfico do Espectrograma Auto-Regressivo e 3) gráfico representando a variação da Razão LF/HF em função do Tempo, também é apresentado em forma de planilha os Índices estatísticos temporais..... 53
- Figura 17 - Ilustração da tela do computador do programa analisador dos gráficos T-F de um dos AFS – LVI a) gráfico de intervalos RR interpolado por “splines” cúbica a 4 Hz; b) Espectrograma Auto-Regressivo e c) representando a densidade do espectro de potência (PSD), também são apresentados em forma de planilha, os Índices estatísticos Espectrais..... 55
- Figura 18 - Estão representados em (a) os valores da distância em quilômetros (km) e em (b) a velocidade máxima em quilômetros por hora (km/h) atingida no TEFDC-D do grupo dos atletas de Futsal (AFS – n=13) e sedentários (SED – n=13)..... 59
- Figura 19 - Estão representados em (a) os valores relativos (ml/min/kg) e em (b) os valores absolutos (l/min) de consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) obtidos dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED), no LVI. .... 61
- Figura 20 - Estão representados em (a) os valores de frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm), em (b) potência em Watts (W) dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) obtidos no limiar ventilatório I (LVI) durante o TEFDC-D..... 63
- Figura 21 - Em (a) valores de ventilação pulmonar (VE) em litros por minutos (l/min) e em (b) produção de dióxido de carbono (V) em litros por minuto (l/min) dos atletas (AFS) e sedentários (SED) obtidos no Limiar ventilatório I (LVI) durante TEFDC-D..... 64
- Figura 22 - Estão representados em (a) os valores relativos (ml/Kg/min) e em (b) os valores absolutos (l/min) do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) obtidos no Limiar ventilatório I (LVI) durante TEFDC-D. .... 67
- Figura 23 - Estão representados em (a) os valores de frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm), em (b) potência em Watts (W) dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) obtidos no pico do esforço (PE) durante o TEFDC-D. .... 68
- Figura 24 - Em (a) valores de ventilação pulmonar (VE) em litros por minutos (l/min) e em (b) produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ) em litros por minuto (l/min) dos atletas (AFS) e sedentários (SED) obtidos no pico do esforço durante TEFDC-D. .... 69
- Figura 25 - Diagrama de dispersão dos valores das variáveis  $VO_2$  L LVI e  $VO_2$  pico representados em atletas de Futsal (a) e sedentários (b); valores das variáveis FC LVI e FC pico representados em (c) e (d). podem-se observar os valores das medianas mínimos e máximos nas linhas tracejadas. .... 73
- Figura 26 - Diagrama de dispersão dos valores das variáveis P (W) no LVI e P pico em (W)-representados em (a) atletas de Futsal e (b) sedentários; valores das variáveis VE LVI e VE pico representados em (c) e (d). podem-se observar os valores das medianas mínimos e máximos nas linhas tracejadas. .... 75
- Figura 27 - Diagrama de dispersão dos valores das variáveis  $VO_2$  (l/min) LVI e  $VO_2$  (l/min) pico representados em (a) atletas de Futsal e (b) sedentários; valores das variáveis V LVI e V Pico representados em (c) e (d). Podem-se observar os valores das medianas mínimos e máximos nas linhas tracejadas. .... 76

- Figura 28 - Valores iRR médios em milissegundos (ms) dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) representados em (a), SDNN (ms) em (b), r-MSSD (ms) em (c), adquiridos durante a fase do aquecimento (AQ) -3 minutos..... 79
- Figura 29 - Valores absolutos dos componentes de baixa frequência (LF) em (a) e alta frequência em (b) e em milissegundos ao quadrado por Hertz  $ms^2/Hz$ . em (c) razão LF/HF. Frequências obtidas junto aos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) durante a fase de aquecimento (AQ), apresentados de forma comparativa entre os grupos..... 81
- Figura 30 - Valores iRR médios em milissegundos (ms) dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) representados em (a), SDNN (ms) em (b), r-MSSD (ms) em (c), adquiridos durante a fase do limiar ventilatório (LV1)..... 83
- Figura 31 - Valores absolutos dos componentes de baixa frequência (LF) em (a) e alta frequência em (b) em milissegundos ao quadrado por Hertz  $ms^2/Hz$ , razão LF/HF em (c). Frequências obtidas junto aos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) durante a fase do limiar anaeróbio (LV1), apresentados de forma comparativa entre os grupos..... 85
- Figura 32 - Valores iRR médios em milissegundos (ms) dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) representados em (a), SDNN (ms) em (b), r-MSSD (ms) em (c), adquiridos durante a fase do pico do esforço (PE)..... 87
- Figura 33 - Valores absolutos dos componentes de baixa frequência (LF) em (a) e alta frequência em (b) em milissegundos ao quadrado por Hertz  $ms^2/Hz$ , razão LF/HF em (c). Frequências obtidas junto aos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) durante a fase do limiar anaeróbio (PE), apresentados de forma comparativa entre os grupos..... 89
- Figura 34 - Valores iRR médios em milissegundos (ms) dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) representados em (a), SDNN (ms) em (b), r-MSSD (ms) em (c), adquiridos durante a fase da recuperação ativa (RA).4.6.11 Análise espectral – recuperação ativa (RA)..... 91
- Figura 35 - Valores absolutos dos componentes de baixa frequência (LF) em (a) e alta frequência em (b) em milissegundos ao quadrado por Hertz ( $ms^2/Hz$ ), razão LF/HF em (c). Frequências obtidas junto aos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) durante a fase do limiar anaeróbio (RA), apresentados de forma comparativa entre os grupos..... 93
- Figura 36 - Análise de variância nas quatro fases do TEFDC-D dos índices iR-R médio em (A), SDNN em (B) e r-MSSD em (C) em milissegundos (ms) dos atletas de Futsal (AFS)..... 96
- Figura 37 - Representação dos valores de LF em (a), HF em (b) milissegundo ao quadrado por Hertz ( $ms^2/Hz$ ) e da razão LF/HF em (c) dos atletas obtidas nas quatro fases do TEFDC-D. Aquecimento (1-AQ); limiar ventilatório (2-LV1), pico do esforço (3-PE) e recuperação ativa (4-RA). As diferenças estatísticas foram representadas da seguinte forma: NS=não significativo;  $*=p<0,05$ =significante;  $**=p<0,01$ =muito significante e  $***=p<0,001$ =extremamente significante..... 98
- Figura 38 - Análise de variância nas 4 fases do TEFDC-D dos índices iR-R médio em (a), SDNN em (b) e r-MSSD em (c) em milissegundos (ms) dos atletas de Futsal (AFS). As diferenças estatísticas foram representadas da seguinte forma: NS = não significativo;  $**=p<0,01$ =muito significante e  $***=p<0,001$ =extremamente significante..... 100

*Figura 39 - Representação dos valores de LF em (a), HF em (b) em milissegundo ao quadrado por Hertz ( $ms^2/Hz$ ) e da razão LF/HF em (c) dos sedentários obtidas nas quatro fases do TEFDC-D. Aquecimento (1-AQ); limiar ventilatório I (2-LV1), pico do esforço (3-PE) e recuperação ativa (4-RA). As diferenças estatísticas foram representadas da seguinte forma: NS = não significativo;  $**=p < 0,01$ =muito significativa e  $***=p < 0,001$ =extremamente significativa. ....102*

*Figura 40 Resultado comparativo dos intervalogramas em (a) e espectrogramas AR em (b) de um atleta e de um sedentário durante as quatro fases do TEFDC -D. ....104*

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <i>Tabela 1 - Determinação das bandas de frequências para análise dos índices espectrais.....</i>  | 54 |
| <i>Tabela 2- Idade, características antropométricas e dados de pressão arterial sistólica repouso (PASr) e diastólica repouso (PADr) em mmHg, de frequência cardíaca (FCr) em bpm, de frequência respiratória em repouso (FRr) em rpm, atletas de Futsal (AFS), sedentários (SED).....</i> | 57 |
| <i>Tabela 3 - Dados dos valores médios do tempo de atividade dos atletas de Futsal (AFS) e inatividade dos sedentários (SED). .....</i>  | 58 |
| <i>Tabela 4 -. Valores dos coeficientes de correlação entre as variáveis estudadas, obtidas no momento do Limiar ventilatório 1 .....</i>  | 65 |
| <i>Tabela 5 - Valores do coeficiente de correlação entre as variáveis estudadas, obtidas no pico do esforço.....</i>   | 70 |
| <i>Tabela 6 - Valores dos Coeficientes de correlação entre as variáveis estudadas, no LVI versus no Pico do esforço (AFS e SED). .....</i>   | 71 |
| <i>Tabela 7 - Valores dos Coeficientes de Relações entre as Variáveis, obtidas dos Índices Temporais e Espectrais (Aquecimento). .....</i>   | 82 |
| <i>Tabela 8 - Valores dos Coeficientes de Relações entre as Variáveis, obtidas dos Índices Temporais e Espectrais (limiar ventilatório1). .....</i>  | 86 |
| <i>Tabela 9 - Valores dos Coeficientes de Relações entre as Variáveis, obtidas dos Índices Temporais e Espectrais da análise Tempo-Frequência (pico do exercício) .....</i>  | 90 |
| <i>Tabela 10 - Valores dos Coeficientes de Relações entre as Variáveis, obtidas dos Índices Temporais e Espectrais da análise Tempo-Frequência (recuperação ativa) ....</i>  | 94 |

## LISTA DE EQUAÇÕES

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Equação 1 – RMSSD = raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes, expressa em ms. Neste exemplo simplificado, é calculado por meio da equação acima. ....</i> | <i>19</i> |
| <i>Equação 2 – Predição de percentual de gordura.....</i>  | <i>42</i> |
| <i>Equação 3 – Predição da gordura absoluta.....</i>   | <i>42</i> |
| <i>Equação 4 – predição da massa magra .....</i>   | <i>42</i> |

## **RESUMO**

O presente trabalho visa estudar a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) no domínio do tempo (DT) e no domínio da frequência (DF) em atletas praticantes de atividade física do tipo futebol de salão (AFS). Participaram voluntariamente 13 atletas na faixa etária de  $(17 \pm 1)$  anos, cujas variabilidades das FC foram comparadas às de um Grupo Controle constituído por 13 sedentários (SED) normais com  $(17 \pm 1)$  anos de idade. Todos os voluntários foram submetidos a: avaliação clínica e antropométrica; teste de esforço físico dinâmico contínuo do tipo degraus (TEFDC-D); ergoespirometria e eletrocardiografia dinâmica, (ECG). Para a análise dos dados relativos à eletrocardiografia dinâmica, selecionaram-se quatro fases (“janelas” com duração de 180 segundos cada uma): aquecimento (AQ); limiar ventilatório1 (LV1); pico do esforço (PE) e recuperação ativa (RA). Utilizaram-se para análise no DT, a média dos intervalos RR do ECG (iRR), o desvio padrão do iRR (SDNN), e a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos adjacentes (RMSSD). Para análise no DF, os componentes espectrais de frequência baixa (“low frequency” - LF – 0,04 a 0,15 Hz) e alta (“high frequency” - HF – 0,15 a 0,4 Hz), frequências essas avaliadas pelo modelo Autoregressivo (AR). Também se calculou a razão LF/HF e realizou-se a análise subjetiva dos espectrogramas através da análise de Distribuição Tempo-Frequência com base no modelo AR. Na fase AQ houve diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  e  $p < 0,01$ ) significativas entre os índices temporais (iRR, SDNN e RMSSD) dos dois grupos, indicando maior VFC para os AFS. Na análise do DF, os índices LF, HF e razão LF/HF também apresentaram diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ,  $p < 0,05$  e  $p < 0,05$ ) entre os grupos, indicando maior tona simpático e parassimpático para o grupo dos AFS. Na fase do LV1, não houve diferenças estatísticas significantes ( $p > 0,05$ ) para os índices temporais e espectrais. Nas fases PE, as diferenças dos valores foram bastante significantes ( $p < 0,001$ ) apenas para os índices temporais iRR e SDNN, cujos valores em mediana foram menores para o grupo de AFS. No DF houve diferença estatística ( $p < 0,001$ ) entre os grupos para o componente LF (maiores valores de mediana nos AFS) e da razão LF/HF ( $p < 0,01$ ), os valores na escala foram menores que 1 para os AFS, indicativo de maior predomínio vagal. Para o componente HF não houve diferença estatística significativa. Na fase RA as diferenças obtidas no teste de comparação são

significativas perante os dois grupos ( $p < 0,001$ ) para os índices iRR e SDNN. O teste indicou que não existe diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para o índice RMSSD nos grupos AFS e SED ( $p > 0,05$ ). No DF, houve diferença estatística entre os grupos ( $p < 0,001$ ) apenas para a razão LF/HF, dando a impressão de maior proteção vagal para o grupo de AFS nesta fase. Em conclusão, durante o TEFDC-D, com aumento progressivo de cargas, a influência da atividade simpática na frequência cardíaca não se tornou progressivamente mais importante em intensidade mais elevada. Os Atletas apresentaram automatismo sinoatrial semelhante ao de indivíduos sedentários em todas as fases do teste observados na análise visual dos espectrogramas. Os resultados de nosso experimento indicam que índices da variabilidade da frequência cardíaca no DT e DF apresentam características distintas do sistema nervoso autônomo em condições fisiológicas. Em troca aparente da retirada vagal para predomínio simpático no começo do exercício (AQ), reflete-se retirada vagal, provavelmente, sem excitação simultânea da atividade simpática, visto que não houve mais acréscimo até o fim do teste. Dessa forma, os nossos resultados deste trabalho não concordam com o conhecimento estabelecido de que há uma grande ativação imediata vagal no transiente de recuperação ativa, principalmente nos atletas.

Palavras chaves: Análise Espectral; Atletas; Exercício Intenso; Sistema Nervoso Autônomo; Variabilidade da Frequência Cardíaca.



## ***ABSTRACT***

The main goal of the present work is to study the heart rate variability (HRV) in time domain (TD) and frequency domain (FD) of athletes who practice physical exercises such as society soccer (PES). Participating as volunteers, 13 athletes in the age group of (17±1) years old, whose variabilities of FC were compared to those from a Control group composed by 13 normal sedentary people (SED) aging (17±1) years old. All volunteers were submitted to: clinical and anthropometrics evaluation, test of continuous dynamic physical strength of step type (CDPS-S); ergospirometry and dynamic electrocardiography (ECG). For the analysis of the data related to the dynamic electrocardiography, 4 phases were selected (windows of 180 secs of duration each): warming (WA), ventilating threshold1 (VT1), effort peak (EP) atrium-sinus and active recovery (AR). During TD analysis, the following were used: average of the interval RR of the ECG (iRR), standard deviation of iRR (SDNN), and the square root from the square average of the differences between the adjacent intervals (RMSSD). For FD analysis, the spectral components of low frequency (0.04 to 0.15 Hz) and high frequency (0.15 to 0.4 Hz), using the autoregressive model (AR) for validation, were used. We also calculated the ratio LF/HF and the subjective analysis of the spectrogram was carried out by the analysis of the time-frequency distribution using the AR model. In the AQ phase there were significant statistical differences ( $p<0.05$ ,  $p<0.01$  e  $p<0.01$ ) among the temporal indexes (iRR, SDNN and RMSSD) from both groups, indicating higher HRC for the PES. In the FD analysis, the indexes LF, HF and the ratio LH/HF also presented statistical differences ( $p<0.05$ ,  $p<0.05$  and  $p<0.05$ ) among the groups, indicating higher sympathetic and parasympathetic tone for the PES group. In the VT1 phase, there were no significant statistical differences for the temporal and spectral indexes. In the phase EP, the difference of values were very meaningful ( $p<0.001$ ) just for terminal indexes iRR and SDNN, which average values were smaller for the PES group. In the FD there was statistical difference ( $p<0.001$ ) among the groups for LF components (higher average values in the PES) and at the ratio LF/HF ( $p<0.01$ ), the values on the scale were smaller than 1 for the PES, indicating a higher vagal predominance. For the HF component there was no significant statistical difference. In the AR phase the differences obtained in the comparative test were significant in the presence

of both groups ( $p < 0.001$ ) for the IRR and SDNN indexes. The test indicated there was no significant difference ( $p < 0.05$ ) for the index RMSSD in the PES and SED groups ( $p > 0.05$ ). In the FD, there was statistical difference among the groups ( $p < 0.001$ ) just for the LF/HF ratio, causing the impression of a higher vagal protection for the PES group in such phase. In conclusion, during the CDPS-S, with the progressive increase of load, the influence of the sympathetic activity in the heart frequency did not turn progressively more important in higher intensity. The athletes presented automatic sinus-atrium similar to those sedentary individuals in all test phases observed in the visual analysis of the spectrograms. The results of our experiment indicate that heart rate variability indexes in TD and FD showed distinct features of the autonomous nervous system in physiological conditions. In apparent change of the vagal retreat for the sympathetic predominance in the beginning of the exercises (WA), causes vagal retreat, probably, without simultaneous excitation of the sympathetic activities, considering there was not extra increase until the end of the test. Thus, our results disagree with the established knowledge that there is a great immediate vagal activation in the transient of the active recovery, mainly in athletes.

Keywords: Athletes, Autonomous Nervous System, Intensive Exercises, Heart Rate Variability, Spectral Analysis.

## **1. INTRODUÇÃO**

A variabilidade dos sinais cardiovasculares no domínio do tempo e da frequência permitiu identificar a existência de diferentes mecanismos envolvidos na regulação do sistema cardiovascular (AKSELROD et al., 1981; PAGANI et al., 1986, PICHOT et al., 2002). Na investigação clínica, este tipo de análise foi aplicado ao estudo da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) durante as últimas décadas, por seu valor como um preditor de morte cardíaca. É conhecido que o aumento da VFC é correlato à condição de saúde, enquanto a diminuição corresponde às doenças cardiovasculares e risco de mortalidade independente da idade, frequência cardíaca, fração de ejeção sistólica, classe funcional da NEW YORK HEART ASSOCIATION e da atividade ectópica ventricular (KLEIGER et al., 1987, CUNINGHANT, 2002).

A medida da VFC tornou-se uma ferramenta extensamente utilizada por avaliar o funcionamento autonômico cardiovascular de forma não invasiva em várias situações fisiológicas, como por exemplo: em tensão mental (BERNTSON et al., 1997; PAGANI et al., 1995; BERNARDI et al., 2000), esfriamento facial (JESUS et al., 1994), utilização de substâncias farmacológicas (RIBEIRO et al., 1991; MONTANO et al., 1998; STEIN et al., 2002), em posições de decúbitos (PIKKUJÂMSÂ et al., 2001), na manobra de valsalva (JUNQUEIRA JR, 1990). Foi amplamente estudado em repouso (KATONA et al., 1982; HEDELIN et al., 2000; PORTIER et al., 2001; PICHOT et al., 2002) e durante exercício moderado (LUCINI et al., 1995; MACOR et al., 1996; CATAI et al., 2002) e menos estudado em exercício intenso (i.e, acima do limiar ventilatório) (ARAI et al., 1989; YAMAMOTO et al. 1991a; NAKAMURA et al. 1993; CASADEI et al., 1995; COTTIN et al., 2002) apresentando resultados limitados e controversos.

O exercício físico revela-se do ponto de vista fisiológico extremamente complexo, porque envolve uma interação de todos os sistemas que compõem o organismo vivo, tais como o neuromuscular, o cardiorespiratório, o termo-regulador, o hormonal, sistemas tampões, de amortecimento ou ampliações de sinais, ativadores (excitadores) ou inibidores e tantos outros, atuando ininterruptamente em nível central e periférico, objetivando a condição de equilíbrio favorável à fisiologia humana, modificado pelo fator do estresse físico (ROWELL, 1986; GALLO JR et al., 1990; SAUL, 1990).

Nesse contexto, os estudos das respostas ao exercício físico dinâmico são particularmente úteis, por permitirem uma aplicação de diferentes níveis de estresse,

quantificáveis da carga de trabalho ou das repercussões em respostas metabólicas (TASK FORCE, 1996). O exercício físico tem sido utilizado em análises no domínio da frequência para delinear a VFC. Entretanto, tais análises, utilizando transformada de Fourier, são confiáveis somente quando os dados utilizados são estacionários, o que, em geral, é difícil de se obterem durante o exercício.

### **1.1 Objetivo**

Avaliar e comparar a modulação autonômica cardíaca (VFC) e das variáveis metabólicas de atletas de Futsal e de um grupo Controle: no aquecimento (AQ), no limiar ventilatório 1 (LV1), no exercício intenso (PE) e na recuperação ativa (RA), utilizando a análise tempo-frequência auto-regressiva (ATFAR) para o estudo da VFC, técnica que não requer que os sinais analisados sejam estacionários, e técnica ventilatória de Wasserman et al (1973), para as variáveis metabólicas.

## 1.2 Justificativas

Nos esportes coletivos ou individuais, os atletas vêm se aperfeiçoando e superando limites antes considerados inatingíveis com um menor risco de lesões. Tudo isto vem ocorrendo graças a diversos fatores. Um deles é o desenvolvimento técnico de treinamento desportivo associado a equipamentos que mensuram cada vez melhor o sujeito, fornecendo parâmetros de controle mais completos e fidedignos (CARMO, 2003).

Os dois fatores básicos de controle em treinamento desportivo são o volume e a intensidade da atividade física (CARMO, 2003 apud DANTAS, 1998). Entende-se por volume a quantidade de atividade realizada. Pode ser medida, principalmente, pela distância percorrida ou pelo tempo de duração da atividade física. Normalmente este fator é de fácil mensuração. Já a intensidade indica a qualidade da atividade física realizada. Pode ser analisada através da força aplicada, da ação motora, das variáveis metabólicas, da frequência cardíaca, e da VFC, dentre outros parâmetros.

Com base nestes dois fatores, volume e intensidade, é possível sugerir uma atividade física segura e proveitosa para o sujeito, a partir da escolha de uma combinação ideal que o levará a se desenvolver com aproveitamento máximo e reduzida probabilidade de lesões de ordem muscular (CARMO, 2003) ou até mesmo cardíaca (PRADO et al., 2004). Este procedimento pode ser aplicado para pessoas sedentárias, atletas ou ainda para pessoas que necessitem de tratamento fisioterápico (WESSERMAN, 1990; BARROS NETO et al., 2001; CARVALHO et al., 2003; CARMO, 2003; PRADO et al., 2004).

As repercussões sobre o controle autonômico do coração em condições adaptativas a exercícios, com sobrecargas intermitentes<sup>1</sup>, com intensas solicitações fisiológicas tanto ao nível óstemuscular, quanto dos sistemas cardiovascular, respiratório e demais sistemas funcionais como os praticantes de Futsal exercem, por exemplo, não tem sido abordado utilizando-se a análise da VFC como ferramenta de investigação. São também caracterizados como polivalentes dinâmicos por desempenhar funções inerentes a qualquer posto específico em quadra (MOLINA, 1992), do ponto de vista fisiológico, parece indicar uma importante participação do metabolismo aeróbio. Apesar do caráter intermitente, é comum que o atleta realize freqüentes transições de esforços de alta intensidade (estímulos

supramáximos<sup>2</sup>) para períodos de recuperação e vice-versa (BALSOM et al., 1994; OLIVEIRA, 1999).

Por conseguinte, surgiu o interesse em realizar-se um estudo com esse tipo de atleta utilizando-se a análise da VFC para melhor se conhecer as repercussões cardíacas decorrentes desse tipo de treinamento. Em suma, objetivou-se no presente estudo, obter respostas para as questões como essa: sabendo-se, que quando se executa repetidos exercícios aeróbios há mudanças no perfil do balanço autonômico cardíaco em função do parassimpático (DE MEERSMAN, 1993; FURLAN et al., 1993; GOLDSMITH, et al., 1992; HEDLIN et al., 2000; STEIN et al., 2000:2002), como seria a característica deste perfil em que causam uma certa sobrecarga de esforço ao coração, como a prática freqüente de exercícios mistos ou híbridos, ou seja, apresentam intensidade que agrupam tanto características aeróbias, como anaeróbias (MOLINA, 1992; OLIVEIRA, 1999)? Essas características alteram de forma benéfica o perfil autonômico de seus praticantes? Existe influência do volume de treinamento empregado? Qual será a magnitude das diferenças encontradas entre os valores obtidos por esses indivíduos e o grupo Controle?

Este estudo justifica-se, fundamentalmente, pelo fato de se aplicar a uma modalidade muito popular e, no entanto, ainda carente de uma abordagem mais científica sobre diversos aspectos que o caracterizam e cujos resultados passarão a constituir mais uma referência na caracterização do complexo quadro dos jogadores jovens de Futsal.

---

<sup>1</sup> Modalidades esportivas que apresentam como característica a intermitência, tem sido sugerido ocorrer um aumento da contribuição do metabolismo aeróbio para a ressíntese de ATP (TABATA et al., 1997).

<sup>2</sup> Durante estímulos supramáximos, a ressíntese de ATP é realizada primeiramente pelas vias anaeróbias (BALSOM, et al., 1994).

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**



Neste capítulo, é apresentada, uma revisão bibliográfica sobre: o sistema cardiovascular; estrutura cardíaca; sistema nervoso autônomo; sistema de condução elétrica cardíaca; função dos moduladores fisiológicos do sistema nervoso autônomo. Em seguida, é apresentado o eletrocardiograma, a: definição de VFC; os métodos de análise da VFC no domínio do tempo e da frequência; o algoritmo utilizado para análise tempo-frequência do sinal biológico cardiovascular e sua importância. Finalmente, uma revisão sobre o efeito do treinamento aeróbio na VFC; o efeito da aptidão física em atletas na VFC; seguido do estudo do comportamento da VFC durante o exercício físico dinâmico e durante a recuperação; finaliza com uma breve revisão das interações cardiorespiratórias no controle da VFC.

## 2.1 Sistema cardiovascular

Formado pelo coração e vasos sanguíneos, o sistema cardiovascular desempenha importantes funções fisiológicas em todos os organismos vivos e por isso está organizado morfológica e funcionalmente para atender às diferentes necessidades específicas de cada órgão ou sistema em cada situação.

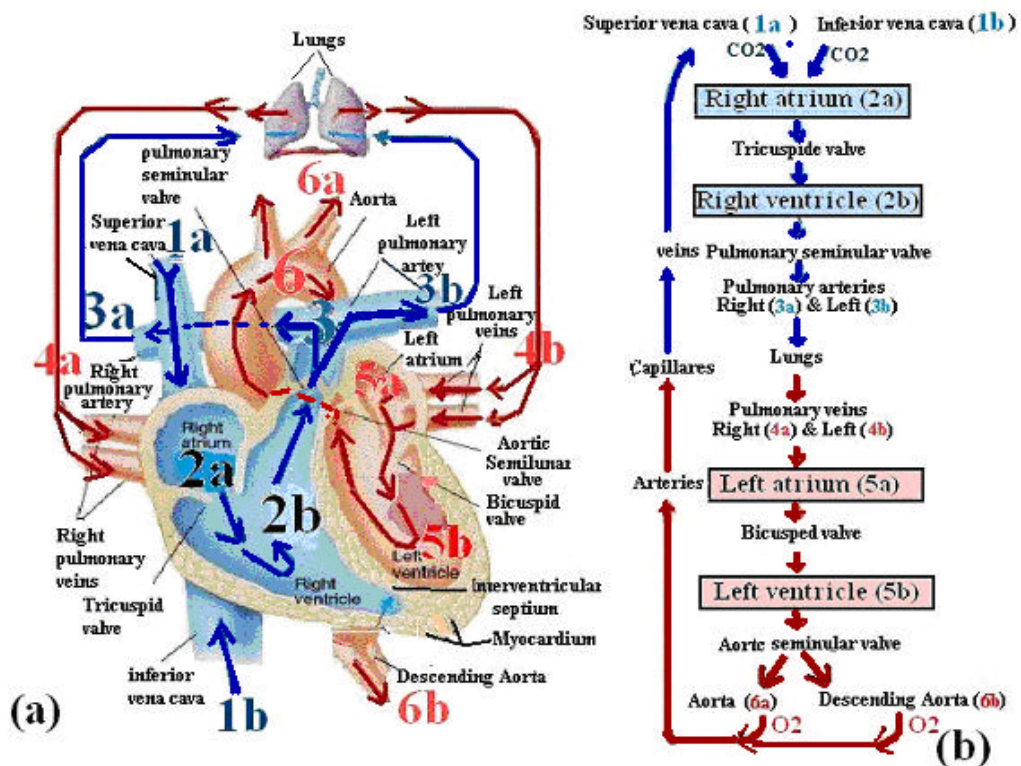
A homeostasia do sistema cardiovascular é realizado por eficientes mecanismos de controle retroalimentado que buscam manter a pressão arterial e o volume venoso central dentro de uma faixa relativamente estreita de variação. Isso é conseguido pela regulação constante da frequência cardíaca e do tônus vascular, com grande modulação por parte do sistema nervoso autônomo, através dos barorreceptores arteriais (aórticos e carótidos), cardiopulmonares e sistema renina-angiotensina aldosterona, (SMITH;KAMPINE, 1990).

Sabe-se que as respostas das variáveis cardiovasculares como as alterações da FC (ROBINSON et al., 1966; RIBEIRO et al., 1991; GALLO JR et al., 1995; STEIN et al., 2000; 2002), pressão arterial (PA), volume sistólico, volume diastólico final (USHIZIMA et al., 2001), débito cardíaco<sup>3</sup> (DC) (McARDLE et al., 1998) entre outras, ocorrem em situações tais como a simples mudanças de posição corporal (ROWELL, 1986) ilustrado na **Figura 8**, ou dos níveis de estresse físico (ARAI et al., 1989; RIBEIRO et al., 1991; STEIN et al., 2000; COTTIN et al., 2002) e mental (BERNTSON et al., 1997). São elas mediadas

---

<sup>3</sup> volume de sangue bombeado por um ventrículo por unidade de tempo e reflete a capacidade funcional do sistema cardiovascular, sendo determinado conforme a FC multiplica-se pelo volume de ejeção

pelo sistema nervoso autônômico (SNA), e têm por objetivo adequar o DC, ou seja, o fluxo de sangue às áreas hierarquicamente mais importantes (ROWELL, 1986; GREEN et al., 1992). O sangue arterial distribui cerca de 25 por cento (%) de seu oxigênio total aos tecidos em repouso. A diferença oxigênio artéria venosa em repouso indica que há uma reserva de oxigênio disponível para as necessidades respiratórias. Durante o exercício, esta diferença aumenta, enquanto os tecidos extraem mais oxigênio, excedendo 85% de extração de oxigênio do sangue em consumo de oxigênio máximo ( $VO_2$  max). (FROELICHER 1994). A **Figura 1** apresenta o esquema da circulação sanguínea para as diversas regiões do corpo comandado por duas potentes bombas distintas: Átrio e ventrículo direito (bomba de baixa pressão) bombeiam sangue para os pulmões. Átrio e ventrículo esquerdo (bomba de alta pressão) bombeiam sangue para a circulação sistêmica.



**Figura 1** - Circulação sistêmica. A direção do fluxo sanguíneo desoxigenado (CO<sub>2</sub>) é indicado pela seta azul; seguindo a seqüência numérica (1, 2 e 3). A direção do fluxo sanguíneo oxigenado (O<sub>2</sub>) é indicado pela seta vermelha, seguindo a seqüência numérica (4, 5 e 6).

Durante a execução do exercício físico, as variáveis cardiorrespiratórias que recebem informações de aferentes periféricos modificam-se com a finalidade de aumentar o transporte de oxigênio e nutrientes aos músculos em atividade contrátil, para manter, ao longo do tempo, a formação de adenosina trifosfato (ATP) e/ou restaurar as suas reservas que foram consumidas durante as fases de contração anaeróbia (MACIEL et al., 1986).

Os ramos simpático e parassimpático do sistema nervoso autônomo exercem marcante influência sobre o aparelho cardiovascular, traduzida pela regulação das propriedades eletrofisiológicas e contráteis do coração e de diversas variáveis hemodinâmicas. Em indivíduos que exercem atividade física atlética regular e competitiva, o conhecimento do estado funcional autonômico cardíaco é de grande interesse e carece de melhor caracterização (ASTRAND;RODAHL, 1987; TASK FORCE, 1996).

A frequência cardíaca nos indivíduos normais é determinada pela frequência de descarga das células no nódulo sinus atrial (SA). Durante atividade física ou eventos que desencadeiam emoções, a frequência cardíaca aumenta na medida em que a atividade nervosa parassimpática diminui e os estímulos simpáticos e catecolaminas circulantes aumentam.

O aumento da FC em exercício físico gera uma elevação do débito cardíaco, um aumento da contratibilidade miocárdica por incremento da estimulação simpática, bem como uma maior participação da curva do mecanismo de Frank-Starling<sup>4</sup> proporcionando uma eficaz distribuição de oxigênio para os músculos (PIÑA et al., 2003).

De uma maneira geral, o sistema nervoso simpático (SNS) atua aumentando a atividade cardíaca, elevando a frequência de batimentos, a velocidade de condução do estímulo elétrico e a força de contração do miocárdio. Já o sistema nervoso parassimpático (SNP) promove o efeito inverso ao do SNS, pois possui ação depressora do conotropismo e inotropismo (parâmetro determinado pelo estado contrátil intrínseco e extrínseco do miocárdio gerado pelo nervo simpático cardíaco) (MACIEL et al., 1986).

---

<sup>4</sup>Medida do desempenho ventricular, em função do enchimento para um dado nível de contratilidade; à medida que a pressão arterial e o retorno venoso aumentam, o débito cardíaco inicialmente aumenta proporcionalmente, a seguir horizontaliza-se e diminui.

## **2.2 Estrutura cardíaca**

O aumento no rendimento cardíaco máximo acompanhado de treinamento aeróbio é o resultado do volume de pulsação melhorada com a máxima FC ligeiramente reduzida ou inalterada. Enquanto o tamanho do coração é relativo ao corpo todo e fatores genéticos, o volume de pulsação maior resultante do treinamento aeróbio são atribuídos ao aumento do músculo cardíaco e à expansão total do volume de sangue durante o repouso e durante o exercício (PELLICCIA et al., 1991). Contudo, a hipertrofia cardíaca é dependente do tipo de exercício. Para indivíduos treinados aerobiamente têm um aumento de volume do coração e diâmetro das cavidades com um aumento proporcional na espessura da parede dos músculos (BONADUCE et al., 1998).

Hipertrofia cardíaca moderada reflete a fundamental e normal adaptação aeróbia de treinamento induzida do músculo para um aumento de tarefa (carga de trabalho), independente da idade (MOORE;PALMER, 1999). Esse aumento, caracterizado pela dilatação da cavidade ventricular esquerda e uma hipertrofia ventricular modesta permanecerá depois de cessados os treinos (HICKSON et al., 1995).

## **2.3 Sistema nervoso autônômico – SNA - (controle extrínseco)**

O sistema nervoso autônomo provê inervação para o coração. Embora o músculo cardíaco tenha um mecanismo intrínseco para a FC, influências neurais sobrepõem-se ao ritmo inerente do miocárdio (TASK FORCE, 1996). Essas influências originadas do centro cardiovascular da medula oblongata fluem através do sistema nervoso simpático e componente parassimpático (vagal). Tais divisões operam em paralelo, mas difere uma da outra devido às diferenças nos neuromediadores, receptores e ações fisiológicas (BANNSTER, 1990). Todas as funções autônômicas são mediadas pela liberação de substâncias químicas neurotransmissoras que podem ser liberadas nos nódulos ou na região periférica. Duas substâncias químicas são importantes como transmissores químicos autônômicos: a acetilcolina e a noradrenalina. Elas são secretadas pelos neurônios pós-ganglionares e atuam sobre os diferentes órgãos causando efeitos, respectivamente, parassimpático ou simpático. Essas substâncias chamam-se mediadores colinérgicos e adrenérgicos.

A *influência parassimpática* na FC é mediada pela liberação de acetilcolina pelo nervo vago. Receptores muscarínicos de acetilcolina respondem a essas liberações, principalmente por um aumento na permeabilidade da célula íons de potássio ( $K^+$ ) (OSTERRIEDER et al., 1980; SAKAMANN et al., 1983). Isso provoca aumento da negatividade no interior das fibras, efeito de hiperpolarização, o qual faz com que o tecido excitável fique menos excitável. Esse estado de hiperpolarização diminui o potencial de repouso da membrana do nodo SA para valor mais negativo (-85 a -90 milivolt - mV) que o normal (-55 a -60mV). Portanto, a elevação do potencial de membrana do nodo SA provocada pelo influxo de  $Na^+$  necessita de mais tempo para alcançar o potencial limiar para excitação, o que diminui a frequência da ritmicidade das fibras nodais. Se a estimulação vagal é muito intensa, é possível parar a auto-ritmicidade desse nodo (GUYTON;HALL, 2002). Entretanto a ativação vagal retarda a FC, aumentando o tempo de condução átrio-ventricular, deprime a excitabilidade das fibras condutoras especializadas e do miocárdio (TASK FORCE, 1996; JUNQUEIRA, 1998).

A *influência simpática* na FC é mediada pela liberação de norepinefrina e epinefrina (OPIE, 1998).

A fibra pós-ganglionar simpática inerva o coração todo inclusive o nodo sinoatrial (SA), átrio ventricular (AV) e o atrial e o ventricular miocárdio.

## 2.4 Sistema de condução elétrica cardíaca (controle intrínseco)

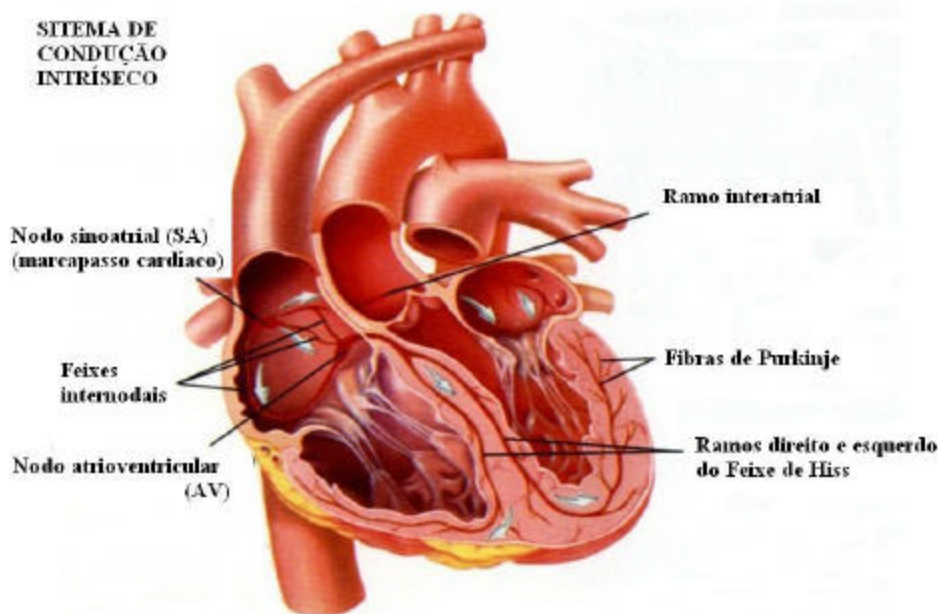
As contrações rítmicas do coração dependem do seu sistema elétrico que têm a função de gerar e distribuir a corrente elétrica e garantir o seu funcionamento mecânico. O sistema gerador é o nodo SA, local onde inicia o ciclo cardíaco<sup>5</sup>. O nodo SA é um aglomerado de células excitáveis especializadas, localizado na porção ântero-superior do átrio direito (**Figura 2**); e funciona como um marcapasso natural do coração, determinado o ritmo e a frequência das batidas.

---

<sup>5</sup> O conjunto dos fenômenos mecânicos que ocorrem nas fases da contração sistólica e do relaxamento diastólico do coração constitui o ciclo cardíaco, e inclui alterações das dimensões e volumes atriais e ventriculares, modificações das pressões no interior dos átrios e dos ventrículos, modificações da pressão arterial sistêmica e pulmonar, modificações da pressão venosa sistêmica e pulmonar, e os movimentos de fechamento a abertura das valvas intracardíacas.

Do nodo SA, o impulso elétrico se propaga pelos átrios por feixes internodais e provoca a sua contração, o que força a passagem do sangue para os ventrículos através das válvulas mitral e tricúspide.

Para chegar aos ventrículos o impulso elétrico deve passar por uma estrutura chamada **nodo atrioventricular (AV)**, que também se constitui num aglomerado celular excitável especializado, localizado na junção entre os átrios e os ventrículos, e funciona como uma estação retransmissora de energia. Há uma pequena pausa durante a passagem da onda para o próximo sistema (**feixe de Hiss**). Conecta os átrios com os ventrículos por intermédio de um par de vias condutores denominadas ramos direito e esquerdo do feixe átrio ventricular (**feixe de Hiss**). Ao atingir os ventrículos, essas vias condutoras se ramificam em fibras cada vez menores, denominadas **fibras de Purkinje**, que representa uma rede terminal de condução do impulso elétrico (cerca de cinco vezes mais rápido que o músculo cardíaco normal) para o sincício<sup>6</sup> ventricular estimulando-o e provocando a sua contração (JUNQUEIRA, 1988).



**Figura 2** - Sistema de condução elétrica cardíaca, através do nodo sinusal (SA) e sistema de Purkinje, mostrando também o nodo atrioventricular, as vias atriais internodais e os ramos ventriculares do Feixe de Hiss (GUYTON;HALL 2002).

<sup>6</sup> Uma massa multinucleada de protoplasma produzida pela fusão de células formando uma rede.

## 2.5 Função dos moduladores fisiológicos do sistema nervoso autonômico

As influências neurais sobre os componentes cardiovasculares se fazem de duas maneiras: a) *diretamente*, a partir de estruturas situadas em todos os níveis do sistema nervoso central (SNC), por meio das terminações nervosas autonômicas: eferente simpático e parassimpático que fazem conexões com o coração e com o sistema vascular, b) *reflexamente* por meio dos arcos reflexos de complexidade variada que envolve diferentes partes do sistema nervoso, como a medula espinhal, o tronco cerebral, o hipotálamo, o cerebelo e o córtex cerebral, as quais recebem informações aferentes procedentes de diversos receptores espalhados pelo aparelho cardiovasculares e retornam respostas modificadas pelo SNA (JUNQUEIRA, 1998). Dentre os mecanismos reguladores reflexos destacam-se em importância, o **reflexo barorreceptor**, responsável pela estabilização e normalização da pressão arterial em resposta à modificação aguda desta (NEGRÃO et al., 2001). Foi proposto ser o principal mediador vagal entre a FC e a pressão sanguínea cujo intervalo RR é alterado em resposta às mudanças da pressão arterial (ECKBERG, 1980). O barorreceptor é o principal meio nervoso encontrado na parede do arco aórtico e nos sinus da carótida; quando estimulado, resulta em uma redução da FC e contractilidade cardíaca e, assim, uma queda da pressão sanguínea (NEGRÃO et al., 1992). O **reflexo quimiorreceptor** ou **metaborreflexo**, que é regulador dos níveis sanguíneos de oxigênio e gás carbônico, cuja ação acontece quando o oxigênio fornecido para ativar os músculos for inadequado pela taxa presente do metabolismo, metabólitos acumulam e estimulam os nervos sensores e o reflexo da resposta isquêmica cerebral, que contribui para a regulação do fluxo cerebral, os reflexos gerados em **mecanorreceptores** ventriculares, que influenciam a contratilidade do coração, a frequência cardíaca, aumentando a atividade simpática e a pressão arterial (ANSORGE et al., 2002).

O sistema renina-angiotensina têm sido proposto para modular funções nervosas autonômicas em uma escala de tempo de segundos para minutos, indicando que o sistema renina-angiotensina efetua o controle cardiovascular a curto-prazo.

As catecolaminas (epinefrina e noradrenalina) liberadas pelas glândulas supra-renais em resposta à ativação simpática generalizada também produzem um efeito semelhante, como estimulante simpático direto, porém, de ação mais lenta, sobre a função cardíaca. Já as terminações nervosas das fibras parassimpáticas (nervo vago) se concentram nos nódulos

sinoatrial e atrioventricular e nos músculos atriais. Sua estimulação libera acetilcolina, que retarda o ritmo de descarga sinusal, diminuindo a frequência cardíaca (ROWELL, 1986; McARDLE et al., 1998).

As pequenas artérias, arteríolas e esfíncteres<sup>7</sup> cardíacos recebem inervação das fibras nervosas simpáticas adrenérgicas (noradrenalina) e parassimpáticas colinérgicas (acetilcolina) que, quando estimuladas, promovem vasoconstrição e vasodilatação, respectivamente, levando em consideração o fato de que qualquer vasoconstrição de ativação simpática que esteja presente em um tecido ativo é sobrepujado rapidamente pela poderosa vasodilatação induzida pelos co-produtos do metabolismo local (McARDLE et al., 1998).

Dessa forma, os ajustes do sistema cardiovascular permitem a regulação rápida da FC assim como a distribuição efetiva do sangue no circuito vascular em resposta às necessidades metabólicas e fisiológicas do organismo (ROWELL, 1986; MITCHELL, 1990; McARDLE et al., 1998).

## 2.6 Eletrocardiograma

Os potenciais bioelétricos associados à atividade dos músculos cardíacos podem ser registrados através de eletrodos de superfície, constituindo assim, o chamado eletrocardiograma (ECG). Com o ECG, podem-se posicionar os eletrodos de captação em diversas derivações. O ECG normal, cuja faixa de frequência vai de 0,05 a 100 Hz, é caracterizado pelos eventos periódicos (batimentos cardíacos) representados pelas ondas P-QRS-T com amplitude de vários milivolts (COHEN, 1989), (**Figura 3**).

A atividade elétrica da célula miocárdica compreende a sucessão cíclica de dois eventos: o *potencial de repouso* e o *potencial de ação*. No músculo ventricular o potencial da célula em repouso é cerca de -85mV e têm seu valor aumentado para cerca de +20 mV, durante cada batimento. O *potencial de repouso* da membrana da fibra sinusal têm negatividade máxima entre apenas -55 a -60mV, em comparação com -85 a 90 mV para a fibra muscular ventricular (GUYTON;HALL,2002).

---

<sup>7</sup> Uma faixa anular de fibras musculares que constriange uma passagem ou fecha um orifício natural, podendo ser constituídos de fibras musculares lisas e/ou estriadas; chamado também de esfíncter muscular.



Funcionalmente, as células miocárdicas podem ser excitáveis. Isso significa que a polarização basal de  $-0,25\text{mV}$  pode ser alterada rapidamente e repetidas vezes.

Os canais iônicos da membrana (canais rápidos de sódio, canais lentos de cálcio-sódio e canais de potássio) abaixo apresentados têm papel importante nas alterações de voltagem do potencial de ação no músculo cardíaco.

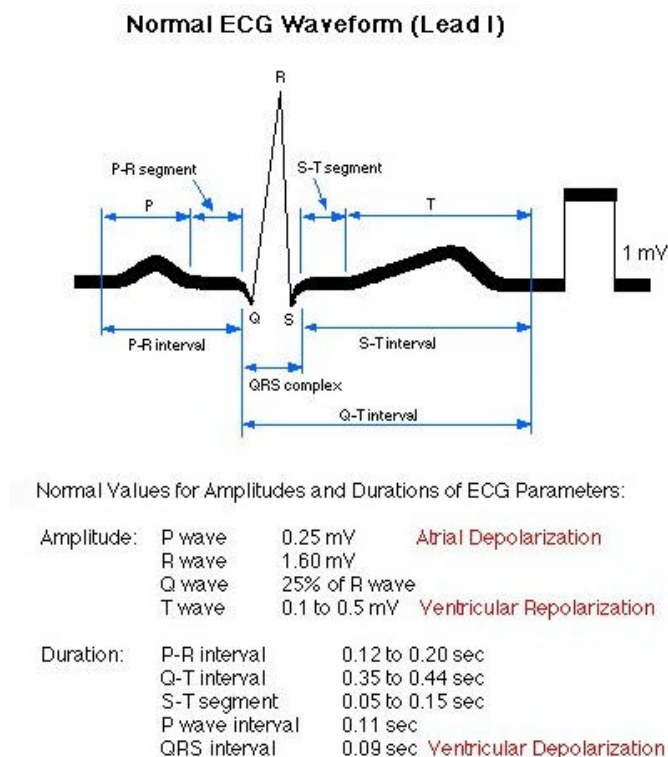
Os sinais elétricos cardíacos são transmitidos por meio de *potenciais de ação*, em três fases: **a) fase de repouso**: diz-se que a membrana está polarizada negativamente ( $-55\text{mV}$ ). Nesta fase, canais rápidos de sódio ( $\text{Na}^+$ ) estão inativados e tornar-se-ão carregados, quando positivamente; **b) fase de despolarização**: a permeabilidade ao  $\text{Na}^+$  aumenta muito, ou seja, vários canais de sódio (geralmente receptores) se abrem. Quando o potencial alcança um valor limiar, canais de  $\text{Na}^+$  terminam de despolarizar a célula; **c) fase de repolarização**: quando os canais de  $\text{Na}^+$  se fecham, as bombas de sódio-potássio repolarizam novamente a célula. Quando os canais lentos de cálcio-sódio fecham, a permeabilidade da membrana para os íons de potássio ( $\text{K}^+$ ) aumenta rapidamente e o potencial de ação volta para seu valor de repouso (GUYTON;HALL, 2002)

O estímulo elétrico origina-se do nodo SA e prossegue para longe do nodo, de forma concêntrica, em todas as direções, se difunde nas aurículas e produz o primeiro sinal denominado “onda P” no ECG (BURTON, 1977).

O complexo QRS representa o início da contração ventricular (despolarização) cujo impulso elétrico caminha do nódulo A-V para o Feixe A-V e daí para o ramo direito e esquerdo do Feixe de Hiss, terminando nas fibras de Purkinje e nas células miocárdicas. A ação física da contração ventricular dura (0,16 segundos aproximadamente) na verdade, mais tempo que o complexo QRS (0,09 segundos), mas consideremos o complexo QRS como representante da contração ventricular. A onda Q é a primeira deflexão, para baixo; a seguir, vem uma deflexão para cima, que é a onda R e, muitas vezes, não existe a onda Q. Em seguida, a onda S dirigida para baixo completa o complexo QRS que representa a atividade da contração ventricular. Finalmente, a onda T representa a repolarização dos ventrículos que podem ser novamente estimulados, dando origem a um novo ciclo cardíaco (BURTON, 1977). Assim, a variabilidade da frequência cardíaca pode ser estimada com base nos intervalos entre os batimentos (intervalo RR), os quais são mais facilmente

calculados como sendo os períodos entre ondas R consecutivas, ou intervalos RR. A **Figura 3**, apresenta um sinal do ECG típico, destacando as ondas P, Q, R, S, e T, e intervalo RR.

Assim, o sinal de VFC pode ser obtido diretamente do sinal de ECG e é baseado nessa informação sobre os instantes das contrações cardíacas que se constrói o sinal RR, da VFC e que descreve os batimentos consecutivos ao longo do tempo.



**Figura 3** - Eventos no eletrocardiograma. A onda P corresponde à despolarização (estimulação) dos átrios. O complexo QRS resulta da soma das ondas de despolarização dos dois ventrículos, que superpõe, mas que não são sincronizadas, gerando uma onda de grande amplitude. A onda T, por sua vez, corresponde à repolarização dos ventrículos. A repolarização dos átrios não é visível no ECG, pois é sobreposta pelo complexo QRS (BURTON, 1977).

### 2.6.1 Variabilidade de frequência cardíaca (VFC)

Variabilidade da frequência cardíaca (VFC), termo em inglês conhecido mundialmente como “heart rate variability” (HRV), é definida como a variação que ocorre entre batimentos cardíacos sucessivos em ritmo sinusal (TASK FORCE, 1996), aplicado às variações nas flutuações batimento a batimento do intervalo RR (iRR). Ela reflete o efeito do tono simpático e parassimpático e outros mecanismos de controles fisiológicos nas funções cardíacas.

### 2.6.2 Métodos de Análise da variabilidade da frequência cardíaca

Os estudos da VFC analisam a variação entre os batimentos sinusiais sucessivos. Todavia, como a onda P é de baixa amplitude e apresenta dificuldade técnica na sua identificação, utiliza-se o pico da onda R como referência, justificando a sinonímia da variabilidade do intervalo RR. O estudo da VFC permite analisar as oscilações que ocorrem durante gravações eletrocardiográficas de curta duração (2, 5, 15 minutos) (SAYERS, 1973; PAGANI et al., 1986; MALLIANI et al., 1991) ou de longa duração (Holter 24 horas) (MALIK;CAMM, 1995). Entretanto, vários aspectos metodológicos ainda carecem de padronização.

Nos últimos anos, observa-se um interesse crescente no desenvolvimento de métodos que podem descrever o comportamento das oscilações cardiovasculares, e são classificados como não-lineares e lineares (MORAES et al., 1999).

Uma classe de métodos de estimação espectral diz respeito aos métodos com base nas distribuições Tempo-frequência “Time-Frequency Distribution” (TFD).

Esses métodos são particularmente adaptados à análise de sinais não estacionários uma vez que descrevem as modificações do conteúdo de frequências do sinal com o tempo, mapeando uma função unidimensional do tempo, noutra função bidimensional do tempo e frequência. Normalmente, a maior parte desses sinais está disponível num curto espaço de tempo. São exemplos os sinais do ECG obtidos num teste de esforço físico máximo, ou no caso de sinais de fluxo sanguíneo (sinal Doppler<sup>8</sup>), em que a velocidade do sangue varia com o tempo, o que provoca não-estacionariedade do sinal. Os sinais com essas

---

<sup>8</sup> Técnica usada por meio da ecocardiografia para medir o fluxo sanguíneo cardiovascular.

características assumem normalmente a forma de seqüências de dados discretos, nas quais a informação relevante aparece misturada com ruído e/ou efeitos aleatórios. Nessas situações, para além da aplicação das técnicas de estimação espectral, há que se aplicar em técnicas estatísticas por forma do sinal à informação relevante (MALPLAS, 1987). Dentre os vários métodos existentes, optamos pela análise tempo-freqüência auto-regressiva (ATFAR), ainda pouco explorados no estudo da análise da VFC e detalhados mais adiante.

### 2.6.3 Análise no domínio do tempo

Uma forma de avaliar o comportamento das oscilações cardiovasculares é calcular a dispersão em torno da média da freqüência cardíaca por um período prolongado. Por levarem em consideração o fator tempo e não o fator freqüência, como na análise espectral, os índices derivados desse tipo de abordagem são conhecidos como índices no domínio do tempo. Apesar de traduzirem de forma muito simplificada, o complexo comportamento do sistema cardiovascular, esses índices fornecem informações relevantes.

Os índices utilizados até o momento, com as suas abreviações conhecidas internacionalmente (TASK FORCE, 1996), estão representados nas figuras abaixo de forma prática.

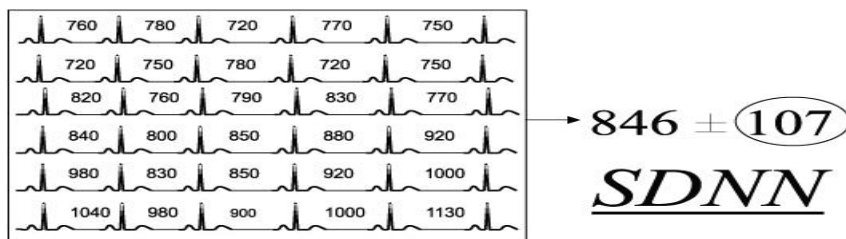


Figura 4- SDNN = desvio-padrão de todos os intervalos R-R, expresso em milissegundos (ms).

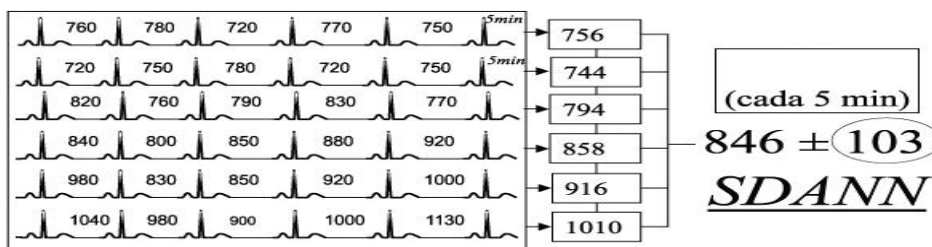
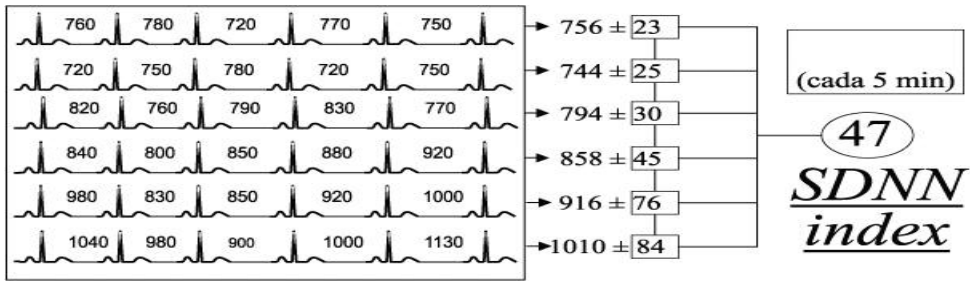
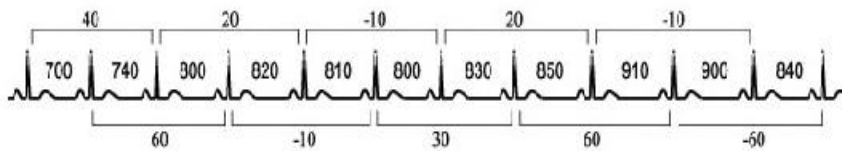


Figura 5 - SDANNi desvio-padrão das médias dos intervalos RR, calculados em intervalos de cinco minutos, expressa em ms.



**Figura 6** - SDNNi = média dos desvios-padrão dos intervalos R-R calculados em intervalos R-R de cinco minutos, expressa em milissegundos.



**Figura 7** - PNN50 = porcentagem dos ciclos sucessivos que apresentam diferenças de duração acima de 50 ms. Neste exemplo equivale a 20 %, ou seja dos 10 intervalos RR adjacentes, apenas dois (o 2º e o 8º) apresentam diferenças de duração superior a (+)50 ms.

$$\sqrt{\frac{(40^2) + (60^2) + (20^2) + (-10^2) + (-10^2) + (30^2) + (20^2) + (60^2) + (-10^2) + (-60^2)}{10}} = \sqrt{1440} = 37,94$$

**Equação 1** – RMSSD = raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes, expressa em ms. Neste exemplo simplificado, é calculado por meio da equação acima.

O índice de domínio de tempo mais amplamente usado é o intervalo RR médio. É facilmente calculado mediante uma escolha adequada detectando-se o complexo QRS. Outro parâmetro comumente usado é o SDNN (normalmente usado em holter 24-horas) (Figura 4). Considerando-se essas variáveis refletem as influências parassimpáticas e simpáticas em VFC (KLEIGER et al., 1992; MACOR et al., 1996). Em um estudo marcante de Kleiger e colaboradores (1987), associaram-se os valores de SDNN < 50 ms como preditores de mortalidade quando comparados aos pacientes com VFC preservada (SDNN > 100 ms). Os outros parâmetros de domínio de tempo não ganharam muita popularidade nos recentes anos.

O significado fisiológico desses índices, quando calculados por períodos longos de tempo, têm sido estudado basicamente através da correlação com os achados da análise

espectral (MYERS et al., 1986; BIGGIER et al., 1992). De uma forma geral, todos eles correlacionam-se com os componentes de alta frequência, mas não permitem distinguir quando as alterações da variabilidade da frequência cardíaca são devidas a um aumento do tono simpático ou a uma retirada do tono vagal. Entre eles, RMSSD (**Equação 1**) e PNN50 (**Figura 7**) são os que apresentam melhor correlação com os componentes, entre 0,15 e 0,4 Hz do espectro de frequência, traduzindo melhor a modulação vagal (VIBYRAL et al., 1990; BIGGIER et al., 1992; EWING et al., 1984). SDNN e SDANNi (**Figura 5**) correlacionam-se bem com os componentes de espectro de frequência abaixo de 0,0033 Hz, que seriam responsáveis pelo controle da frequência cardíaca durante as flutuações muito lentas, ligadas ao ritmo circadiano, durante os períodos de atividade e nas mudanças de postura (KLEIGER et al., 1991), SDNNi (**Figura 6**) se correlaciona com os componentes entre 0,0033 e 0,04 Hz do espectro de frequência e é menos afetado pela atividade e por mudanças de postura (MYERS et al., 1986).

#### 2.6.4 Análise no domínio da frequência

Também conhecido como densidade espectral da frequência cardíaca, cada complexo QRS é detectado e os intervalos entre batimentos considerados normais são computados para a construção de uma série Temporal, uma representação gráfica da análise espectral da VFC pode ser mostrada no sistema de dois eixos: no eixo horizontal, estão representadas as diferentes bandas de frequência (expressa em Hertz – que equivale a 1 ciclo por segundo), e no eixo vertical está representada a amplitude da curva, expressa como densidade de potência miléssegundos ao quadrado/Hertz ( $\text{ms}^2 / \text{Hz}$ ), representado na **Figura 17** (c), pág 55. Os métodos para a análise espectral são classificados em paramétricos (modelo de auto-regressão) e não paramétricos (transformação rápida de Fourier), ambos com resultados similares, permitindo identificar e separar os diferentes componentes de frequências (as diferentes ondas) da série temporal. O método não paramétrico, possui vantagem pela simplicidade de cálculo e velocidade de processamento em relação ao método paramétrico.

A representação autonômica dos componentes no domínio da frequência têm sido estudada em animais e em seres humanos. Em relação à representação vagal, existe uma

concordância entre diversos estudos, mesmo com metodologias distintas. O componente de alta frequência é mediado quase que exclusivamente pelo nervo vago, desaparecendo com o bloqueio farmacológico (ASKELROD et al., 1981; RIBEIRO et al., 1991), parassimpatectomia seletiva (RANDALL et al., 1991), e aumenta com a estimulação com escopolamina (VYBIRAL et al., 1990). O componente de baixa frequência – (LF) ainda é controverso na literatura e está associado à atividade predominantemente simpática (PAGANI et al., 1986; RIMOLDI 1990; BLOOMFIELD et al., 1995), mas com influências do parassimpático, visto que diminuiu com bloqueio do nervo vago com atropina (AKSELROD et al., 1981).

Os componentes de frequência e suas origens fisiológicas identificados são os seguintes (TASK FORCE, 1996):

a) Componente de alta frequência (“High Frequency” - HF) - (0,15-0,4Hz) - existe uma alta correlação entre os componentes de alta frequência e a frequência respiratória (FR). Estes componentes não são afetados pelo uso de beta-bloqueadores, mas são drasticamente reduzidos pela vagotomia bilateral. Portanto, os componentes de HF correspondem às variações da frequência cardíaca relacionadas com o ciclo respiratório (arritmia sinusal respiratória), modulação Parassimpática.

b) Componente de baixa frequência (“Low Frequency” - LF) - (0,04 a 0,15 Hz) - mediado pelo sistema nervoso simpático e parassimpático, com predominância simpática em algumas situações específicas e que reflete as oscilações do sistema termorregulação, tono vasomotor e sistema renina angiotensina-aldosterona.

Sugere-se que a variabilidade da FC a 0,1 Hz (LF) depende do reflexo barorreceptor ativado por flutuações na pressão arterial (SAYERS et al., 1973; AKSEROLD et al., 1981).

c) Componente de frequência muito baixa (“Very Low Frequency” – VLF) – A faixa de frequência está compreendida de 0,003 a 0,04Hz, com frequência menor que 3 ciclos por minuto. Alguns autores (POMERANZ et al., 1985; AKSELROD et al., 1985) descrevem-na como dependente, tanto da ação do sistema nervoso simpático como do parassimpático, mas o próprio Akselrold et al (1985) também acreditam que possa estar ligada ao controle termorregulador e vasomotor, enquanto, Lindkvist et al (1989) apud

Long et al (1995) acreditam que essa banda de frequência é influenciada pelo sistema renina-angiotensina-aldesterona;

d) Componente de frequência ultrabaixa (“Ultra Low Frequency” - ULF) sua banda de frequência menor que 0,003 Hz, não têm seu significado fisiológico ainda bem esclarecido. Essa banda sofre a influência do parassimpático e simpático e, obviamente, não está presente nos registros de curta duração. Parece estar relacionada com o sistema neuroendócrino e ritmos circadianos, dentre outros.

Outra medida muito utilizada é a relação LF/HF, a qual pode fornecer informações úteis sobre balanço entre os sistemas simpático e parassimpático.

A medida de componentes é feita normalmente em valores absolutos ( $\text{ms}^2$ ). LF e HF também podem ser medidos em unidades normalizadas (u.n) em proporção às quais representam o valor relativo de cada componente do poder de densidade espectral da seguinte forma: PSD total menos o PSD VLF, dividido por PSD LF ou HF vezes 100, igual a LFun ou HFun (PAGANI et al., 1986; MALLIANI et al., 1991).

## 2.7 Algoritmo utilizado para Análise Tempo-Frequência do sinal VFC

As técnicas de análise no domínio do tempo e da frequência não permitem ao pesquisador observar como as influências simpática e parassimpática do sistema nervoso autônomo sobre o nódulo sinoatrial variam ao longo do tempo, uma vez que os índices obtidos com a análise clássica refletem o resultado da análise global de um intervalo RR (BARTELS et al., 2003; CARVALHO et al., 2003).

A Análise estatística do sinal RR traz informações sobre a dispersão dos intervalos, ou seja, faz uma medida da variabilidade dos intervalos RR em um dado intervalo de tempo. Já a análise espectral permite mensurar as influências simpática e parassimpática do sistema nervoso na frequência cardíaca, uma vez que o ramo parassimpático tem respostas mais rápidas que o simpático, tornando possível distinguir suas influências devido ao espectro em faixas de frequência (BARTELS et al., 2003).

Nenhuma dessas técnicas (clássicas), porém, permite verificar de maneira clara (ver espectrograma **Figura 8** pág 25), como e quanto o equilíbrio simpático parassimpático



varia ao longo do tempo, ao contrário da análise Tempo-Frequência da VFC descrita mais adiante, ferramenta desenvolvida para observar de forma direta como o sistema nervoso de uma pessoa reage a um estímulo qualquer.

A utilização da análise Tempo-Frequência no estudo da VFC traz uma série de novos protocolos experimentais, podendo ser útil para entender melhor como o SNA modula a frequência cardíaca.

### **2.7.1 Distribuições Tempo-Frequência (DTF)**

Os métodos de estimação espectral baseados nas distribuições tempo-frequência permitem localizar a energia do sinal, tanto no tempo como na frequência (COHEN, et al., 1989), não requerendo que os sinais em análise sejam estacionários no segmento de tempo em consideração. Os valores adquiridos através da DTF na superfície acima do plano tempo frequência dão uma indicação de quais componentes espectrais se encontram presentes em cada instante temporal.

As distribuições DTF são métodos alternativos à “Fast Fourier Transform” (FFT), que foram descritos na literatura e que são especialmente vocacionados para a análise de sinais não estacionários. Desses métodos, destacam-se os chamados de distribuições de Wigner-Ville (WVD) (BOASHASH et al., 1987), Choi-Williams (CWD) (CHOI et al., 1989), e distribuição de Bessel (BD) (GUO et al., 1994). Apesar das muitas vantagens desses métodos em relação ao método clássico baseado na FFT, têm uma desvantagem fundamental em relação a este, que se traduz na elevada carga computacional que requerem. Assim, são difíceis de utilizar quando é necessário efetuar uma análise do sinal em tempo real.

O que se propõe neste trabalho é a utilização do espectrograma baseado no modelo Auto-Regressivo, que têm boa resolução tempo-frequência e, em geral, fornece gráficos mais claros e objetivos que o espectrograma de Fourier.

### 2.7.2 Espectrograma Auto-Regressivo

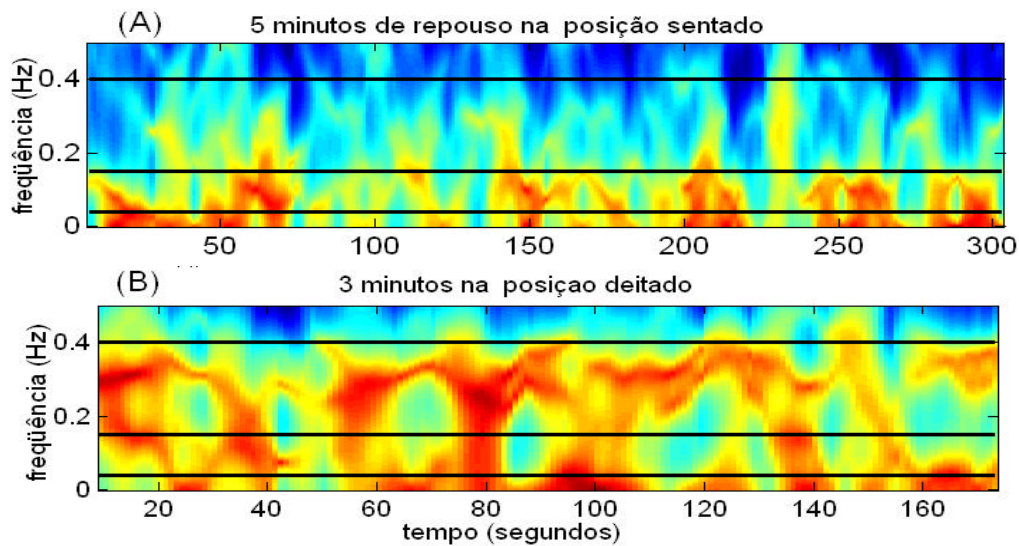
No escalograma, a resolução frequencial está diretamente ligada à escala, ou à faixa de frequência que está sendo analisada. Já no espectrograma de Fourier, a resolução está relacionada com o comprimento da janela usado para segmentar o sinal. Quanto maior a janela, melhor a resolução espectral. No entanto, com janelas longas não se têm uma boa resolução temporal, tornando a análise tempo-frequência menos eficiente, mas com o modelo auto-regressivo, a resolução frequência, apesar de também ser afetada pelo comprimento da janela, é determinada principalmente pela ordem do modelo (MARPLE, 1987).

A análise tempo-frequência da VFC baseada na modelagem AR já foi proposta por um grupo de engenheiros biomédicos italianos, mas a técnica utilizada por eles é ligeiramente diferente da usada neste trabalho. Na proposta original, não há interpolação do sinal de VFC. Os coeficientes do modelo AR são atualizados a cada batimento, sendo estimados com base no novo intervalo e nos coeficientes anteriores (CARVALHO et al., 2003).

O espectrograma Auto-regressivo, no entanto, ou espectrograma AR pode ser calculado de maneira mais simples e mais precisa, utilizando interpolação por “splines” cúbicas (CARVALHO et al., 2002a). O que se propõe é construir o espectrograma AR de maneira análoga ao que se constrói o gráfico baseado na “Short Time Fourier Transform” (SFTF), mas utilizando o modelo AR no lugar da Transformada de Fourier. Com isso, evitam-se as aproximações causadas pelo uso de um fator de esquecimento, como na técnica italiana, além de evitarem-se as distorções devido à amostragem não uniforme do sinal RR.

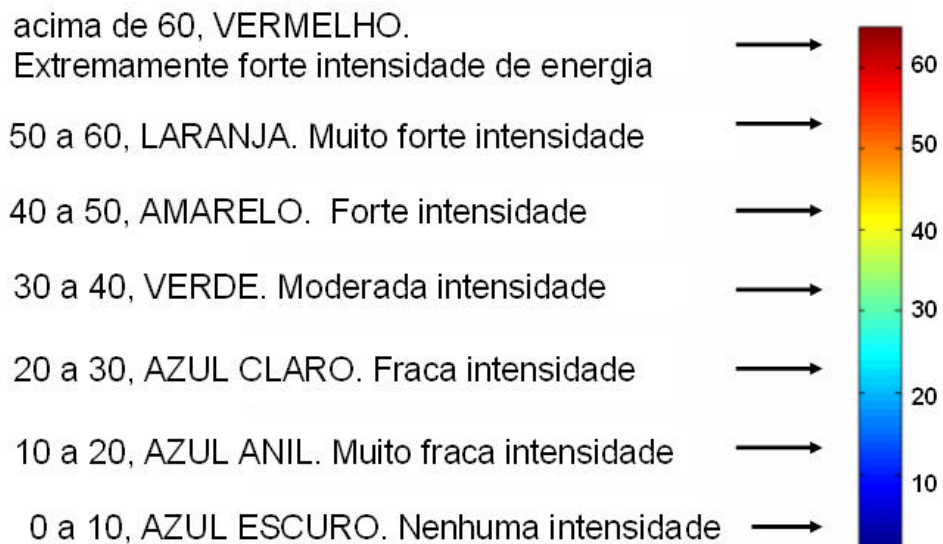
A principal vantagem do espectrograma AR é que a resolução frequencial é pouco afetada pelo tamanho da janela (MARPLE, 1987). Dessa forma, consegue-se boa resolução espectral (**Figura 8**) e melhora à medida que se aumenta a ordem do modelo.

## Espectrograma Auto-Regressivo



**Figura 8** - Espectrograma AR, exemplos do comportamento do sistema nervoso autônomo (simpático e parassimpático) em dois momentos diferentes: em (A) representa um indivíduo em repouso na posição sentado, em (B), na posição deitado.

### SIGNIFICADO DAS CORES DOS ESPECTROGRAMAS



**Figura 9** - Significado das cores apresentadas nos espectrogramas.

Para podermos entender melhor o significado do espectrograma através das cores, devemos observar nas linhas horizontais (negrito) do espectrograma (**Figura 8**) que fazem as separações das bandas de frequências, olhando de baixo para cima, seguem as seguintes ordens: VLF, LF e HF no espectrograma e, no eixo vertical, estão definidos os valores das bandas de frequências que vão de 0,004 a 0,4 Hz. Após, basta observar qual(is) cor(es), podem atuar no instante(t) em que vão representar o grau da intensidade da energia (quando houver) das determinadas frequências espectrais. Com essa representação (**Figura 9**), caracteriza-se a Análise Tempo-Frequência.

## **2.8 Efeito do destreinamento e do treinamento aeróbio na VFC**

Aptidão física ruim e falta de atividade física (sedentarismo) foram associadas a um risco duas vezes maior de morte cardiovascular (EKELUND et al., 1988, BLAIR et al., 1989; KESANIEMI et al., 2001; LAUKKANEN et al., 2001; MYERS et al., 2002). Estudos prévios também mostraram que a boa aptidão física (efeito do treinamento aeróbio) atua no sistema nervoso autonômico, provocando aumento da atividade parassimpática e concomitante redução da atividade simpática (FLETCHER et al., 1995), manifestada clinicamente pela menor frequência cardíaca e pressão arterial de repouso (DAVY et al., 1997; CHACON-MIKAHIL et al., 1998). Além da bradicardia sinusal, que é prevalente em atletas treinados aerobiamente, alterações da condução atrioventricular têm sido encontradas no eletrocardiograma de repouso de alguns atletas (BONADUCCE et al., 1998; RIBEIRO, 1999; STEIN, et al., 2000; 2002).

Diante desses fatos é possível que atividade física exerça também influência nos diversos índices da VFC (GOLDSMITH et al., 1992). Alguns estudos demonstraram uma correlação direta da VFC com o aumento da capacidade aeróbia (GOLDSMITH et al., 1992; DE MEERSMAN, 1993; STEIN et al., 1999). Entretanto outros obtiveram resultados diferentes (SACKNOFF et al., 1994; LAZOGLU et al., 1996; MIGLIARO et al., 2001).

O efeito do treinamento aeróbio a longo prazo foi associado ao aumento da variabilidade da FC especialmente com a frequência sinus respiratória (FSR) mediada pelo vagal, observado durante gravações curtas (2 a 10 minutos) do sinal da VFC em situação de repouso (De MEERSMAN, 1992; SHI et al., 1995; LEVY et al., 1998; CARTER et al.,

2003; COTTIN et al., 2004a) ou durante gravações dinâmicas por longo prazo (24 horas de sinal) (PIGOZZI et al., 2001). Ao contrário, outros estudos controlados não têm mostrado qualquer associação entre treinamento aeróbio e variabilidade da FC durante as gravações curtas (MACIEL et al., 1985) ou gravações mais longas (LOIMAALA et al. 2000).

Diversas razões ou mecanismos podem explicar os resultados controversos dos estudos da VFC após os exercícios aeróbios. Adaptações a longo prazo para os treinamentos aeróbios regulares resultam de uma complexa combinação de fatores de reações bioquímicas, estrutural, metabólico, fator humoral e neural (FURLAN et al., 1993). Recebem também influências de modulação adicionais ao exercício físico dinâmico outros fatores como: 1) genéticos e somáticos (sexo, idade, peso, altura, massa magra, massa gorda, tipo e qualidade de fibras musculares); 2) hábitos alimentares (quantidade e qualidade dos alimentos); 3) estado de saúde; 4) fumo; 5) ingestão de bebida alcoólica; 6) ciclo circadiano (horário do dia); 9) condições ambientais em que o exercício é realizado (temperatura, umidade relativa do ar, pressão barométrica); 10) tipo de exercício (dinâmico e/ou estático, etc.); 11) condições nas quais ele é realizado (quantidade de massa muscular envolvida, percentual de força de contração, ângulo da articulação, posição de decúbito, etc., e protocolo utilizado) (HICKSON et al. 1985; HAYANO et al. 1990; GALLO JR et al., 1990; MOLGAARD et al., 1991; GALLO JR et al., 1995; PAGANI et al., 1995; RYAN et al., 1996; HEPPLER, 2000; STOLARZ et al., 2003; CARTER et al., 2003).

A taquicardia que o exercício dinâmico provoca tem sido amplamente estudada em modelos animais e humanos (ROBINSON et al., 1966; GALLO et al., 1995, RIBEIRO, 1999). No exercício, com aumento progressivo de cargas, a FC aumenta de forma oscilatória com um aumento lento inicial, seguido de uma fase de aumento linear e em cargas muito elevadas, pode apresentar estabilização. Robinson et al (1966), Ekblom et al (1972), Ribeiro et al (1991) demonstraram, através de bloqueio farmacológico em humanos, que o sistema nervoso parassimpático apresenta uma retirada progressiva em um teste máximo. Além disso, sugeriram que o estímulo simpático ao nodo SA também aumentava progressivamente até o esforço máximo (ROBINSON et al., 1966; EKBLUM, et al., 1972; LEWIS et al., 1980). Entretanto, o bloqueio simpático não foi completo nas cargas elevadas, persistindo dúvidas sobre o papel do sistema nervoso simpático em cargas

elevadas de trabalho. Além de seu efeito agudo, a prática regular de exercício é capaz de influenciar o sistema nervoso autônomo simpático e parassimpático num período mais longo. Atletas condicionados aerobiamente apresentam uma frequência cardíaca mais baixa em repouso e em cargas submáximas de exercícios (RIBEIRO et al., 1991).

Negrão e colaboradores (1992) acreditam que a bradicardia em treinados possa ser dependente das alterações das células do marca-passo (nodo SA), fato que pode ser atribuído a uma redução da frequência cardíaca intrínseca. Entretanto, até o presente, controvérsias ainda persistem no que diz respeito à possível contribuição de cada um desses fatores no controle da frequência cardíaca em atletas.

Nos trabalhos onde foram estudadas a regulação da FC em diferentes estágios do exercício demonstraram que, nos exercícios leves inferiores às correspondentes ao limiar ventilatório 1 (LV1), a retirada vagal parece ser o único mecanismo responsável pela taquicardia induzida pelo exercício. A retirada da atividade vagal ocorre rapidamente no início do exercício (10 a 20 segundos), seguido por uma tendência de estabilização após o primeiro minuto do exercício, mediada pela retomada vagal (RIBEIRO et al., 1991).

Estudos têm demonstrado que a retirada vagal que ocorre no início do exercício é decorrente dos impulsos aferentes da região do córtex motor e dos mecanorreceptores sobre a área cardiovascular no bulbo (MITCHELL, 1990; WILLIAMSON et al., 1995). A irradiação cortical no centro do vaso motor intensifica a descarga adrenérgica no coração e, simultaneamente, provoca inibição da atividade vagal. Se o exercício dinâmico está com uma frequência cardíaca menor que 100 batimentos por minutos (bpm), a atividade simpática do coração não aumenta, sugerindo que a taquicardia acontece somente devido à redução na harmonia parassimpática (VICTOR et al., 1987), enquanto que a intensificação simpática sobre o coração têm sido explicada pela ação das catecolaminas circulantes (ROWELL, 1986) e pela ação metaborreflexora aferente iniciada na musculatura esquelética ativa (MITCHELL, 1990; IDDLEKAUFF et al., 1997; ANSORGE et al., 2002). Todos esses mecanismos agem em sintonia, para atender à demanda metabólica na musculatura esquelética ativa.

No exercício com esforços acima do LA, o aumento lento e linear da FC se deve à estimulação simpática e essa estimulação aumenta de intensidade, proporcionalmente ao aumento do nível de esforço (ROBINSON et al., 1966). Vale ressaltar que a taquicardia que

ocorre nos primeiros segundos do exercício físico é mediada pela retirada vagal, independente do nível de esforço (MACIEL et al., 1986; YAMAMOTO et al., 1991a; GALO JR et al., 1995; TULLPO et al., 1996).

Alonso e colaboradores (1998), estudando o efeito do impacto metabólico sobre o comportamento de FC e de sua variabilidade (VFC), durante exercício físico progressivo do tipo degrau máximo, verificaram um aumento da FC concomitante ao da intensidade de esforço e uma diminuição progressiva da VFC até a intensidade do exercício em que foi caracterizado o LA. A partir desse ponto, os autores observaram que a VFC mantém-se inalterada, sugerindo que a sua diminuição ocorre em fase do exercício com predomínio do metabolismo anaeróbio, concomitante ao aumento da FC, medida pela diminuição crescente da atividade vagal e predomínio da atividade simpática.

Como pode ser observado, o LA, além de ser um determinador das mudanças fisiológicas, altera a atividade do sistema nervoso autonômico, principalmente da eferência simpática sobre o coração e os vasos sanguíneos, modificando as respostas (GALLO JR et al., 1996).

Os limiares Podem ser identificados por vários métodos, invasivos e/ou os não invasivos. Wasserman (1984) afirma que há crescimento acentuado do lactato plasmático, de forma exponencial, no momento do LA e refere-se ainda a um método direto e não invasivo na determinação do LA por meio da análise das variáveis ventilatórias (uso da ergoespirometria) produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ), consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) e ventilação pulmonar (VE). Segundo aquele autor, durante a realização de exercício dinâmico contínuo e incremental, observam-se nessas variáveis, pontos de mudanças que podem ser caracterizados como o momento do LA, quando ele é identificado no momento em que se observa um aumento desproporcional da ventilação pulmonar e da produção de dióxido de carbono, relativamente à elevação linear do consumo de oxigênio (WASSERMAN et al., 1999).

O limiar anaeróbio (LA) ou limiar ventilatório (LV), por ser um parâmetro fisiológico, geralmente expresso em potência (w), carga (km/h) FC ou  $VO_2$  são obtidos em níveis submáximo de exercícios dinâmicos e podem ser determinados em duas situações:

no LV1 e no LV2 por assumirem diferentes características durante o exercício progressivo máximo. O aumento desproporcional da VE em relação ao aumento do  $VO_2$  leva a um aumento sistêmico do  $VE/VO_2$  mas essa relação mantém-se estável, enquanto as reservas de bicarbonato forem suficientes para impedir a redução acentuada do PH sanguíneo. Essa intensidade de exercício foi chamada de LV1. O aumento progressivo das cargas provoca acúmulo de ácido láctico superior à capacidade de tamponamento, fazendo com que os sistemas envolvidos trabalhem para tentar compensar a acidose metabólica. Quando ocorre o aumento desproporcional da VE (hiperventilação), em resposta ao aumento da  $VCO_2$  resultante do tamponamento do ácido láctico formado pela aceleração do metabolismo anaeróbio, essa intensidade denomina-se LV2, ou seja é identificado imediatamente abaixo da hiperventilação (WASSERMAN;MCILROY, 1964).

Esse método correlaciona-se muito bem com o método do lactato em amostras repetidas de sangue. Um aumento no equivalente ventilatório para oxigênio ( $VE/VO_2$ ) durante o exercício, sem uma mudança correspondente no equivalente ventilatório para dióxido de carbono ( $VE/VCO_2$ ), foi indicado também como sensível e confiável para determinar o LA.

Por ser um método não invasivo e de fácil determinação, têm grande importância nas pesquisas relacionadas ao esporte e lazer, na medicina preventiva e de reabilitação, especialmente nas áreas de cardiologia e de pneumologia (WASSERMAN;MCILROY, 1964; DAVIS et al., 1979; WASSERMAN, 1990; BARROS NETO et al., 2001).

A identificação dos limiares anaeróbios por método invasivo pode ser realizada a partir da dosagem da concentração de ácido láctico sanguíneo coletado por cateteres em veias (STAMFORD et al., 1981; CAIZZO et al., 1982) ou artérias (KUTTINGER, 1962; WASSERMAN et al., 1964; EKBLUM, et al., 1968) ou, por meio de pequenas amostras obtidas da polpa dos dedos (BELCASTRO;BONEN, 1975) ou do lóbulo da orelha (BUNC et al., 1995).

Esse interesse em estudar a VFC em indivíduos com maior capacidade aeróbia, representada por maiores valores de consumo de oxigênio máximo ( $VO_{2\text{ máx}}$ ), ou estudos longitudinais envolvendo o treinamento aeróbio, têm argumentos importantes como demonstram os estudos de Goldsmith et al (1992), De Meersman (1993), Puig et al (1993),



Sacknoff et al (1994), Bonaduce et al (1998), Hedelin et al (2000), Pichot et al (2002), Cottin et al (2002) e Tulppo et al (2003) que encontram maior oscilação temporal entre os espaços RR normais e maiores valores de PSD total nesses indivíduos, o que pode representar maior proteção a determinados problemas de ordem cardiovascular. Tulppo et al (1998b) mostrou que o nível de intensidade de exercício ao qual a flutuação vagal do iRR desapareceu era significativamente mais alto em voluntários com boa aptidão física comparada a esses com outro grupo de aptidão física ruim.

Os efeitos do exercício aeróbios sobre as adaptações centrais adquiridas com o treinamento físico estão diretamente relacionados ao débito cardíaco, o qual sofre modificações em função da adaptação da frequência cardíaca e do volume sistólico.

A (**Figura 10**) mostra um resumo dos possíveis mecanismos envolvidos na adaptação do  $VO_{2max}$  em indivíduos treinados em paralelo com destreinados.

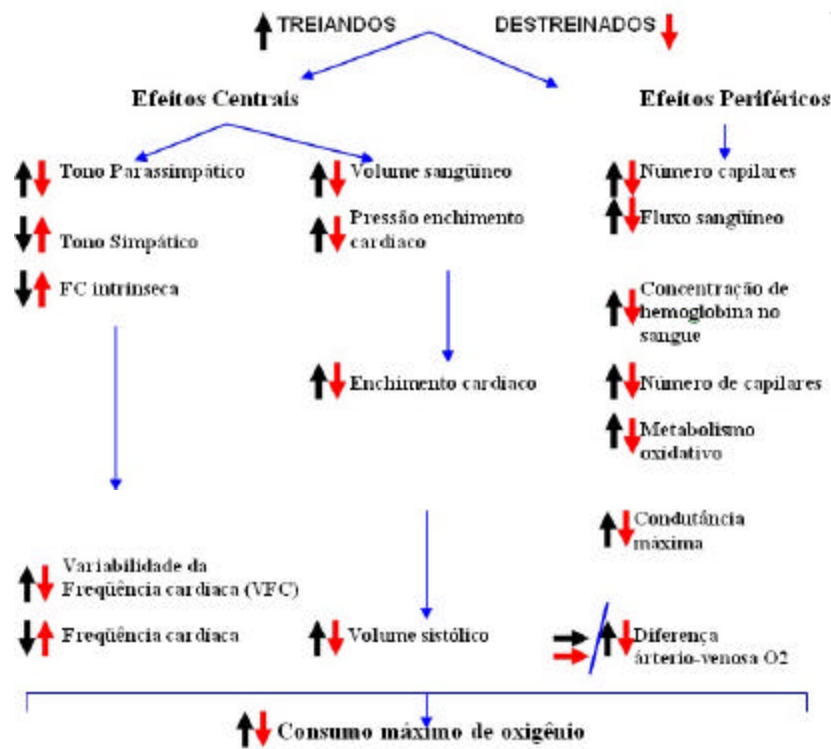


Figura 10– Modelo dos mecanismos envolvidos na adaptação do consumo máximo de oxigênio em treinados em paralelo com os dos destreinados.

### 2.8.1 Variabilidade da frequência cardíaca durante o exercício físico dinâmico

Mudanças na modulação autonômica de FC durante exercício foram tradicionalmente processados por medidas espectrais da VFC (ARAI et al., 1989, YAMAMOTO et al., 1991a; NAKAMURA et al., 1993). Porém, o uso desses índices em exercício mostrou resultados contraditórios, especialmente durante altas intensidades do exercício físico dinâmico (ARAI et al., 1989; RIBEIRO et al., 1991; YAMAMOTO et al., 1991a; NAKAMURA et al., 1993; CASADEI et al., 1995; CASADEI et al., 1996; GREGOIRE et al., 1996; TULPPO et al., 1996; WARREN et al., 1997; TULPPO et al., 1998b; PERINI; VEICSTEINAS, 2003). Por exemplo, alguns estudos mostraram a relação da razão LF/HF aumentar (YAMAMOTO et al., 1991a; NAKAMURA et al., 1993; CASADEI et al., 1996; GREGOIRE, 1996) durante o exercício, considerando que, em outros estudos, a relação da razão LF/HF é diminuída (BREUER et al., 1993, COTTIN et al., 2004b).

Os resultados controversos podem ser devido às diferenças nas unidades ou métodos de análise espectral. A variabilidade da frequência cardíaca representa um marcador da atividade autonômica e têm sido utilizada como índice do balanço simpático-vagal (TASK FORCE, 1996).

O exercício físico é um modelo apropriado para o estudo de índices da VFC, uma vez que, nessa situação, a modulação autonômica da frequência cardíaca é obtida pela retirada da atividade vagal e o aumento da atividade simpática (RIBEIRO, 1999).

A variação da frequência de amostragem provocada durante exercício é outro fator importante para descoberta precisa das flutuações do iRR que podem contribuir com os achados controversos. Uma vez que a discrepância total do iRR diminui progressivamente as taxas de trabalho crescentes, a presença de componente(s) não neural(is) de arritmia de sinus respiratória conduziria à uma super estimação da atividade de vagal, o que poderia explicar o comportamento do parâmetro espectral em parte durante exercício pesado (CASADEI et al., 1996; COTTIN et al., 2004b).

Em resumo, vários estudos prévios mostraram a fraca influência de medidas da VFC convencional para revelarem mudanças na modulação autonômica da FC a intensidade de exercício menor que 70% do  $VO_{2max}$ . (YAMAMOTO; HUGHSON, 1991b; CASADEI et al., 1995; TULPPO et al., 1996; WARREN et al., 1997; TULPPO et al., 1998b). A influência das propriedades de correlação fractal da VFC para revelar mudanças no comportamento da FC durante exercício de alta intensidade não é conhecido.

### **2.8.2 Variabilidade da frequência cardíaca durante a recuperação**

Recuperação da regulação autonômica da FC têm sido proposta a curto prazo dentro de alguns minutos (aproximadamente de 10 a 20 min) depois do exercício máximo ou submáximo (ARAI et al., 1989; PERINI et al., 1989; KANNANKERIL; GOLDBERGER, 2002). O efeito parassimpático na recuperação têm sido proposto como um mecanismo subjacente (ARAI et al., 1989; PERINI et al., 1989; SUGAWARA et al., 2001; KANNANKERIL; GOLDBERGER, 2002).

A recuperação lenta da FC depois do exercício dinâmico máximo ou submáximo à curto prazo é considerado preditor poderoso de mortalidade global com base em dados populacionais (COLE et al., 1999; 2000; NISSINEN et al., 2003). Dados experimentais

mostraram que a atividade vagal previne a fibrilação ventricular de isquemia induzida depois dos exercícios (SCHWARTZ et al., 1984; VANOLI et al., 1991), e esses exercícios de treinamento dão proteção antecipatória contra mortes repentinas pelo melhoramento da função vago cardiovascular (HULL et al., 1994).

### 2.8.3 Interações cardiorespiratórias no controle VFC

Interações cardiorespiratórias também têm sido investigadas por análise espectral. O padrão de respiração têm forte efeito sobre a HF-VFC em indivíduos em repouso, com a energia na banda HF decrescendo quando a frequência respiratória (FR) aumenta e apenas, quando o volume corrente (*tidal volume* - TV) aumenta (HIRSCH;BISHOP, 1981). Pomeranz et al (1985) considerou o pico HF como uma estimação quantitativa da arritmia do sinus respiratório que é afetado pela FR e o TV. O efeito da intensidade de exercício sobre o padrão de respiração também é bem conhecido. Em baixos níveis de exercício, aumentar a intensidade do trabalho acarreta um aumento somente na FR com o TV permanecendo constante (CLARK et al., 1983; BEAVER et al., 1986). Além disso, durante exercício incremental, um aumento no tono simpático e a interrupção da atividade parassimpática foram associados a uma redução tanto nos componentes LF quanto HF-VFC quando FC, FR e TV aumentaram (COTTIN et al., 1999; MACOR et al., 1996). Contudo, o controle cardiovascular autonômico não é o único mecanismo que induz a VFC. Por exemplo, estudos prévios de receptores de transplante do coração mostraram um esperado desaparecimento de VFC em repouso, devido à completa deservação (ARAI et al., 1989; BERNARDI et al., 1989). Entretanto, durante exercício, a VFC apareceu inesperadamente e foi relacionado ao efeito da respiração (ARAI et al., 1989).

Em indivíduos saudáveis, durante exercício intenso, isto é, a um ritmo de trabalho maior do que a força no limite ventilatório, fenômeno conhecido como “arritmia sinus respiratória”, o controle cardíaco vagal não é mais efetivo (ROWELL, 1997).

Embora a retirada vagal seja conflitante com um incremento em HF-VFC, a hiperventilação induzida por exercício intenso poderia ser o resultado de um efeito mecânico nodo SA, induzindo um aumento em HF-VFC (tal qual em receptores de transplante do coração). Durante a fase de inspiração, a expansão da caixa torácica induz um decréscimo na pressão intratorácica que, por sua vez, incrementa o retorno venoso e,

conseqüentemente, incrementa o preenchimento do ventrículo direito (ROWELL, 1997). Esse incremento induz um alongamento (crescimento) do nodo SA provocando um incremento na atividade do nodo SA e um incremento na FC (COTTIN et al., 2002).

Durante a fase de expiração, o esvaziamento dos pulmões provoca o efeito oposto, com um decréscimo na FC. De acordo com essa hipótese, outros mostraram que o nodo SA poderia, de fato, trabalhar como um receptor alongado (KOHL et al., 1992).

A VFC é portanto um método que cada vez mais acrescenta qualidade ao diagnóstico da aptidão física e à monitorização do treinamento de atletas, permitindo inclusive que se introduza o conceito básico do treinamento científico que é o respeito à individualização biológica do Atleta.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Os testes foram realizados no Laboratório Avaliação de Esforço Físico da Universidade do Vale do Paraíba. Os protocolos experimentais foram realizados sempre no mesmo horário, levando-se em consideração as influências do ritmo circadiano e, se, em período pós-prandial, observou-se um intervalo de 2 a 3 horas após uma refeição leve.

Foi mantido um número mínimo de pessoas na sala para não haver interferência no estado emocional dos voluntários.

As condições ambientais experimentais (AFS-SED) foram controladas e mantidas em uma temperatura média de  $23 \pm 0,76$  °C, umidade relativa do ar média de 58 e a pressão barométrica média foi de  $710 \pm 1,63$  mmHg (tabela III, Anexo D).

### **3.1 Aspectos Éticos**

Atendendo às normas de conduta em pesquisa experimental com seres humanos, procedimento este estabelecido pelo Ministério da Saúde, resolução número 196/96, este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP, segundo parecer <sup>1</sup> L034/2003/CEP (Anexo A). Os voluntários foram informados e esclarecidos a respeito dos objetivos e da metodologia experimental a que seriam submetidos, esclarecido o caráter não invasivo e nos casos de aceitação plena, foram assinados termos de consentimento formal de participação no estudo.

### 3.2 Critério de inclusão

O(s) voluntário(s) que:

- Após receberem as informações e instruções iniciais, tenham concordado e assinado o termo de consentimento (Anexo B);
- Estiverem no programa de treinamento físico há mais de um ano e participarem de, no mínimo três sessões de treinamento físico e/ou específico por semana para os atletas;
- Estiverem sem praticar atividade física há mais de seis meses para os sedentários;
- Não tabagistas;
- Não etilistas;
- Não obesos (peso gordo < 21 %) adaptado de Golding et al (1989);
- Não usuários de drogas que causem dependências químicas;
- Tiverem ausência de anomalias dos sistemas cardiovascular, respiratório ou músculo-esquelético;
- Sem história clínica de doenças de Chagas, diabetes Mellitos, dislipidemias e hipertensão;
- Maiores que 16 anos e menores que 20 anos de idade;
- Não estiverem tomando nenhum medicamento que venha a comprometer o teste;
- Estiverem sem impedimento médico.

### 3.3 Coleta de dados dos atletas

Os 26 indivíduos foram divididos em 2 grupos (G), como a seguir:

- 1) **G1:** foi constituído por 13 voluntários, com idade entre 16 a 20 anos, atletas de Futsal da Associação Esportiva São José - AESJ - de São José dos Campos – SP Categoria Juvenil de Futsal (AFS), participantes há, pelo menos um ano, e sem interrupções nessa modalidade. Esses aspectos foram levados em consideração, de acordo com critérios de inclusão aos voluntários AFS a participarem do estudo. Os dados foram coletados na última semana do período preparatório. Abaixo está descrito o período preparatório em que os atletas de Futsal se encontravam.



### **3.3.1 Periodização do período preparatório**

A comissão técnica da equipe AESJ, categoria Juvenil de Futsal teve 40 dias para trabalhar com a equipe durante o período preparatório (tempo para treinar com a equipe completa antes de se iniciar o Campeonato Estadual), que, no presente estudo foi dividido em fase básica (também conhecido como fase de preparação geral) e fase específica (também denominada de fase especial).

Para a fase básica foram utilizados 16 dias de treinamentos e, para a fase específica foram utilizados, 24 dias.

#### **3.3.1.1 Fase Básica**

Durante a fase básica do período preparatório da equipe de Futsal, procurou-se enfatizar os trabalhos para a otimização da resistência aeróbia, resistência muscular, flexibilidade, coordenação (exercícios coordenativos para o aperfeiçoamento dos deslocamentos em geral) e trabalho técnico, que visou principalmente os fundamentos controle de bola, deslocamentos com bola, passes, etc. Durante a fase básica, também já ocorreram alguns estímulos referentes à força rápida, velocidade e resistência de jogo – trabalho intermitente.

#### **3.3.1.2 Fase específica**

Nesta fase o programa de preparação física priorizou os exercícios para o desenvolvimento da força rápida (exercícios de tração, saltos horizontais e verticais e trabalho de rampa), velocidade e resistência de jogo – obtida por intermédio dos treinos técnicos-táticos que visavam à resistência do jogo.

São exemplos de trabalhos realizados nos treinos-técnicos-táticos (critério adotado no estudo); a) marcação individual; b) marcação e retorno; c) cobertura e antecipação; d) saída de meio; e) marcação do goleiro; f) quebra de marcação com goleiro; g) ataque com goleiro linha; h) contra ataque 4x3 e 3x2; i) coletivo fracionado e coletivo.

Esses trabalhos se caracterizam por apresentarem caráter intermitente e intensidade elevada.

Os treinamentos táticos foram realizados trabalhos que envolveram o padrão do jogo a uma intensidade baixa (Método de repetição), além de possibilitarem aos jogadores a

assimilação e o aperfeiçoamento da técnica dos fundamentos de Futsal e das estratégias de jogo organizadas pelo treinador, também foram utilizados dentro do microciclo com o intuito de “quebrar” a intensidade dos treinamentos durante a semana.

Foi nesta fase de preparação (semana que antecedeu o período competitivo) que os dados foram coletados.

É importante ressaltar, que as coletas eram feitas antes de iniciar qual tipo de treinamento físico e/ou específico.

### **3.4 Coleta de dados dos sedentários**

2) **G2:** o grupo controle foi formado por 13 voluntários sedentários (SED) da região, com idade entre 16 e 20 anos, os quais não poderiam ter participado de qualquer atividade física-desportiva, há pelo menos seis meses, e que também não desenvolvesse atividade profissional com esforço físico significativo.

Esses indivíduos (AFS e SED) foram submetidos à entrevista para que se pudesse saber de suas condições de sedentarismo, como planejado, no momento da elaboração do projeto de pesquisa (Anexo C).

### **3.5 Avaliação Clínica**

Anterior ao protocolo experimental, os voluntários foram submetidos a uma série de avaliações, que tinham por objetivo assegurar suas condições de saúde e diagnosticar possíveis alterações que contra-indicassem a participação na pesquisa.

Primeiramente, foi realizada uma avaliação constando de anamnese em que foram coletadas informações referentes aos hábitos de vida e alimentares, história atual e progressão de doenças e os antecedentes familiares. Durante essas avaliações, também foi realizado um exame físico completo, como mensuração da frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), avaliada pressão arterial (PA), realizada ausculta cardíaca e pulmonar por uma médica especialista. Os equipamentos utilizados foram: um frequencímetro POLAR<sup>®</sup>, um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio NARCOSUL<sup>®</sup> e um estetoscópio TYCOS<sup>®</sup>. Verificados também peso, altura e medidas das dobras cutâneas

sempre pelo mesmo avaliador (Anexo C) com os seguintes equipamentos: uma balança e um estadiômetro de metal FILIZOLA<sup>®</sup> e um adipômetro SESCORF<sup>®</sup>.

Foi dada atenção a aspectos como o uso de medicamentos, doenças e cirurgias sofridas pelo indivíduo, uma vez que, para poder fazer parte do grupo de pesquisa, os voluntários não podiam apresentar nenhuma enfermidade ou lesão que pudesse comprometer os resultados dos testes, bem como eles acarretarem risco à saúde, e nem poderem fazer uso de substância ergogênica.

### 3.5.1 Medidas antropométricas

Objetivo: a intenção de coletar os valores antropométricos dos voluntários participantes do estudo prendeu-se ao fato de poderem-se obter maiores esclarecimentos sobre as características morfométricas dos participantes de Futsal, constatando a presença da influência do tipo de treinamento físico sobre o padrão biométrico apresentado, comparando-se com as medidas obtidas do grupo controle.

Deu-se destaque às seguintes variáveis:

- Massa corporal total;
- Estatura;
- Dobras cutâneas (Ó de 5 dobras);
- Massa gorda (% de gordura) (**Equação 2**);
- Massa gorda absoluta (**Equação 3**);
- Massa magra absoluta (**Equação 4**);

Todos os voluntários foram submetidos às seguintes medidas:

- Estatura (em cm): medidos em estadiômetro de metal. constituído este aparelho de um palanque no qual desliza um cursor que mede a estatura do indivíduo em pé e com precisão da leitura de 1 mm.
- Massa corporal (em kg): avaliação em uma balança de marca FILIZOLA<sup>®</sup>, com precisão de 100 gramas.
- Dobras cutâneas (em mm): as medidas das espessuras das dobras cutâneas foram mensuradas por um adipômetro de marca SESCORF<sup>®</sup>. Segue-se a padronização estabelecida por Guedes (1994).

As medidas de espessuras das dobras cutâneas foram realizadas invariavelmente por um mesmo avaliador e experiente sempre do lado direito do avaliado, com precisão mínima de 0,1 milímetro, obtidas por interpolação da escala original do compasso. Realizou-se uma série de três medidas sucessivas num mesmo local, considerando a mediana das três como sendo o valor adotado para esse ponto.

Os locais de medidas utilizados para a avaliação da quantidade de gordura subcutânea foram os das regiões: 1) tricipital (TP); 2) subescapular (SB); 3) supra-ílica (SI); 4) abdominal (AB) e panturrilha medial (PM), sendo que a última foi realizada com o avaliado sentado. Todas as demais, em posição ortostática.

#### **Equação 2 – Predição de percentual de gordura**

$\%GORD. = 5,783 + 0,153(TR + SB + SI + AB + PM)$ , onde:

- %GORD. Quantidade de gordura em termos relativos à massa corporal. (GUEDES, 1994):

Após a predição do percentual de gordura (gordura relativa), foram utilizadas as seguintes equações para a determinação da massa gorda (gordura absoluta) e massa magra (**Equação 3 e 4**, respectivamente (GUEDES, 1994):

#### **Equação 3 – Predição da gordura absoluta**

- Gordura absoluta = massa corporal (%gord./100);

#### **Equação 4 – predição da massa magra**

- Massa magra = massa corporal – gordura absoluta

### **3.6 Protocolo experimental**

Este protocolo foi padronizado com os objetivos de avaliar a modulação autonômica do coração nas condições de exercício e recuperação, proporcionar uma avaliação das reais condições físicas dos voluntários, por meio da determinação da aptidão física aeróbia (informações metabólicas), determinar o limiar ventilatório1 (LV1) pelo método

ventilatório (WASSERMAN et al., 1973; WASSERMAN et al., 1990) e valores para determinarem variáveis no momento desse parâmetro fisiológico, e também no pico do esforço (PE), como o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), potência (P), frequência cardíaca (FC), ventilação pulmonar (VE) e produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ).

Os testes foram realizados em ambiente fechado, com temperatura local mantida entre 23 °C e 25 °C. Todos os voluntários foram informados sobre a técnica, riscos e finalidades do exame. Com o objetivo de reduzir o número de exames considerados ineficazes, durante o período de inclusão, os voluntários foram encorajados a se exercitarem até a exaustão, desde que não apresentassem sintomas limitantes.

Cuidados adicionais na realização do teste incluem a calibração prévia do aparelho para que fatores de correção como o STPD (Standard Temperature – 0 °C and Pressure – 760 mmHg, Dry) e o BTPS (Body Temperature Pressure Saturated), possibilitem a comparação dos resultados do teste, independentemente da variação da temperatura e pressão atmosférica. Os sistemas “*breath by breath*” ou “*average*” forma de extração e medição de micro amostras da expiração pelo método de ciclos respiratórios são utilizados nos aparelhos de ergoespirometria, os quais permitem segurança e confiabilidade nas variáveis analisadas (CONS. NAC. ERG. SOC. CARD. BRAS. 1995). É necessário o emprego de bocal selando firmemente a passagem de ar, interligado ao equipamento analisador de gases, e clipe nasal pelo indivíduo em teste, demonstrado na Figura 11.

### **3.6.1 Padronização para coleta do sinal do eletrocardiograma**

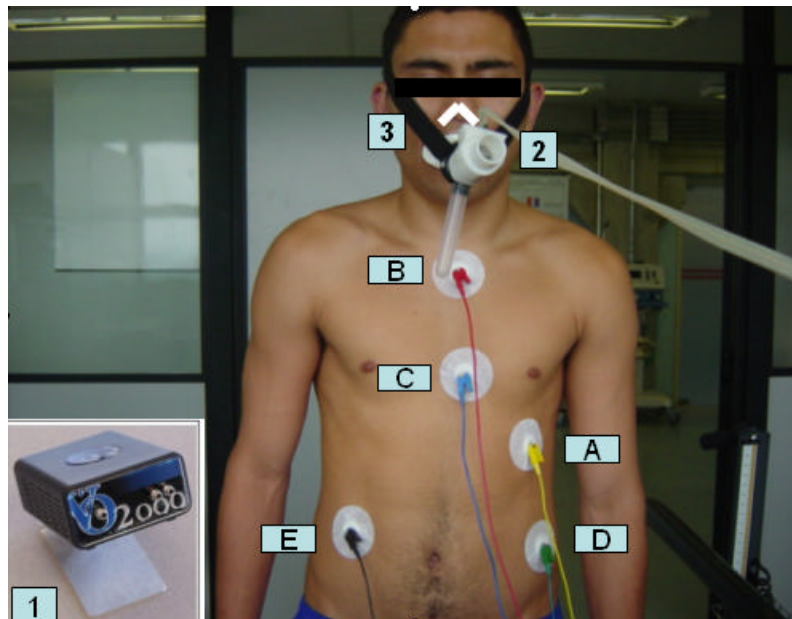
A execução do Eletrocardiograma foi monitorizada através do Eletrocardiógrafo Digital (ECGD) e Software ERGO PC ELITE 13 de fabricação MICROMED® - (Brasil – DF). Empregou-se convencionalmente a derivação bipolar CM5 com preparo para 3 derivações (Figura 11) em na posição convencional do ECG clássico, (CONS. NAC. ERG. SOC. BRAS. 1995).

Desde a geração dos campos elétricos no coração até a digitalização do ECG, inclusive o sinal, existe a susceptibilidade à ruído. A amplitude do sinal de um ECG é muito pequena, alguns microvolts, e por isso, a relação sinal/ruído também é pequena.

Impedância da pele, oscilações da rede elétrica, comprimento do cabo de aquisição, tipo de eletrodo utilizado, presença de pêlos são alguns exemplos de fontes de ruídos presentes em um sinal de EGC.

A variação da linha de base do sinal cardíaco ocorre devido à diferença de potencial elétrico existente entre a pele do paciente e o eletrodo. Com essa diferença de potencial ocorre o efeito pilha, que faz com que a linha de base varie e para suprimir esse problema, foram instalados filtros passa-banda 0,5-100 Hz e notch em 60 Hz, que reduzem quase que totalmente a variação da linha de base. A frequência de amostragem é de 300 Hz e 12 bit de resolução.

Foi realizado o preparo da pele com discreta abrasão, com lixa ultrafina (n<sup>o</sup> 400) e, na presença de pêlos, submeteu-se a região à tricotomia (com lâmina descartável), onde foram aplicados os eletrodos de carbono ativado, auto-adesivo e descartável.



**Figura 11** - Ilustração das montagens de 3 derivações do ECG e do analisador de gases

**a) Montagem de 3 derivações para coleta dos dados do ECG**

- CM5**
- B (-)** Clavícula direita, justa lateral ao manúbrio esternal;
  - A (+)** Sobre a 5ª . Costela na linha axilar anterior esquerda;
  - C (-)** Sobre a 4ª . Articulação esternocostal direita (V1);
  - D (+)** Últimos arcos costais à esquerda, próximo à linha hemiclavicular,;
- terra**
- E** Últimos arcos costais à direita, próximo à linha hemiclavicular.

**b) Montagem do clipe nasal e capacete bucal para o envio dos gases inspirados e expirados ao analisador.**

- 1 analisador dos gases (VO 2000);
- 2 capacete bucal;
- 3 clipe nasal.

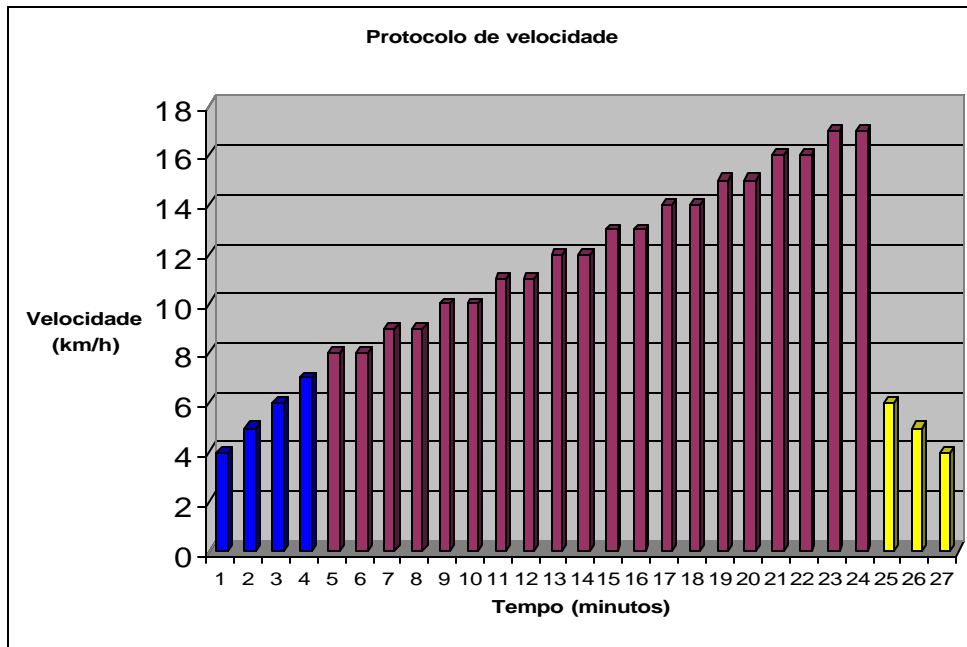
A derivação eletrocardiográfica bipolar têm a vantagem de ser mais simples, requer menos tempo para ser colocada e é menos dispendiosa; em geral, menos ruidosa em termos de artefatos (BLACKBURN et al., 1964).

### 3.6.2 Padronização para as coletas dos dados metabólicos e descrição do protocolo de velocidade

Simultaneamente a coletas dos sinais elétricos cardíacos (ECG), foram coletados os dados metabólicos através do analisador das variáveis metabólicas Cardiorespiratory Diagnostic Systems (CDS) de marca MEDGRAPHIS® - (USA). O referido aparelho era calibrado ao final de cada teste. Foi feita a colocação do dispositivo bucal-capacete (**Figura 11**) seu respectivo ajuste para acoplagem do voluntário ao aparelho. Foi colocada, em seguida, uma pinça nasal para que pudesse respirar alguns segundos, adaptando-o à maneira como iriam respirar durante todo o procedimento, ou seja, o ar inspirado foi direcionado ao aparelho CDS (que fez a análise dos gases), por uma válvula unidirecional.

Foi utilizada uma esteira elétrica automática marca INBRASPORT®, modelo Super ATL para o TEFDC-D que iniciou com uma inclinação de 1,5% ficando constante até a exaustão e a recuperação do indivíduo. A velocidade inicial foi de: 4 km/h no 1º. min; 5 km/h no 2º. min; 6 km/h no 3º.min; e 7 km/h no 4º. min caracterizando o aquecimento (AQ). O tempo, a partir do 5º. min, teve duração de 2 min a cada estágio com a velocidade progressiva de 1 km/h por estágio, caracterizando o exercício (Ex) propriamente dito. Logo após o indivíduo chegar à exaustão, a velocidade foi reduzida para 6 km/h, 5km/h e 4km/h respectivamente, com 1 min de duração cada estágio, caracterizando a recuperação ativa (RA). Observar na **Figura 12**.



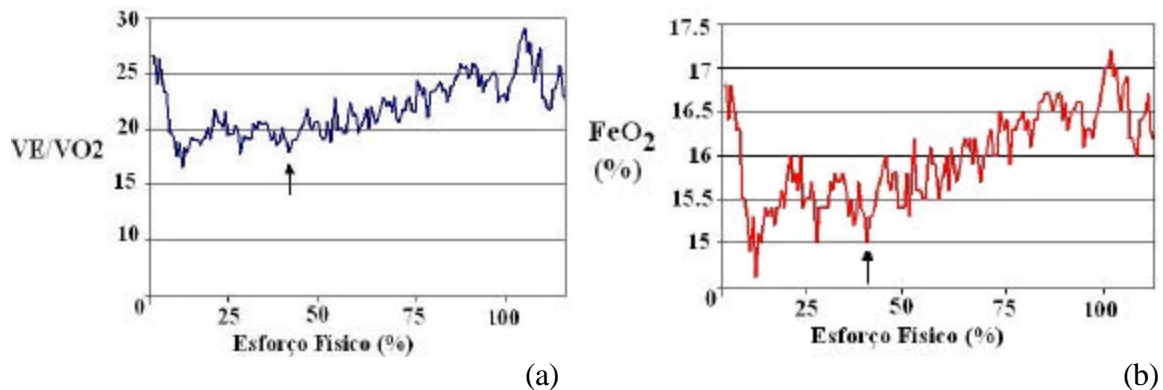


**Figura 12-** Representação esquemática do TEFDC-D realizado em esteira elétrica automática com inclinação constante 1,5 %. A cor azul representa o aquecimento (AQ) com duração de 1 min a cada estágio, a cor marrom o exercício (Ex) com 2 min a cada estágio, e a cor amarela a recuperação ativa (RA) com 1min a cada estágio.

### 3.7 Determinação do limiar ventilatório 1 (LV1)

O limiar ventilatório 1 (LV1) foi determinado no minuto durante o exercício em que as curvas da fração expirada de oxigênio ( $FeO_2$ ) e da razão de ventilação para o consumo de oxigênio ( $VE/VO_2$ ) atingiram o seu valor mínimo antes de começarem a subir.(Figura 13).

No presente estudo, não se optou pelo LV2, por poder haver da parte de alguns voluntários (sedentários) pouca sensibilidade dos quimiorreceptores ventilatórios (BARROS NETO et al., 2002) e essas respostas ventilatórias podem não estar presentes, limitações musculares periféricas, sendo prejudicada a identificação desse limiar (WASSERMAN et al., 1999; BARROS NETO et al., 2002). Por isso, optou-se pela detecção do LV1.



**Figura 13** - Identificação do limiar ventilatório 1 (LV1) por técnica ventilatória. Observado no instante durante o exercício em que as curvas de  $VE/VO_2$  (linha azul escura, em a) e  $FeO_2$  (linha vermelha, em b), atingiram seu valor mínimo antes de começarem a subir, indicados por uma seta vertical.

### 3.8 Determinação do pico máximo de oxigênio

O pico máximo de oxigênio foi definido como o  $VO_2$  obtido no pico do exercício ( $VO_2$  pico), quando o indivíduo se encontrava em exaustão, com o critério dos voluntários atingirem 86 % da frequência cardíaca máxima.

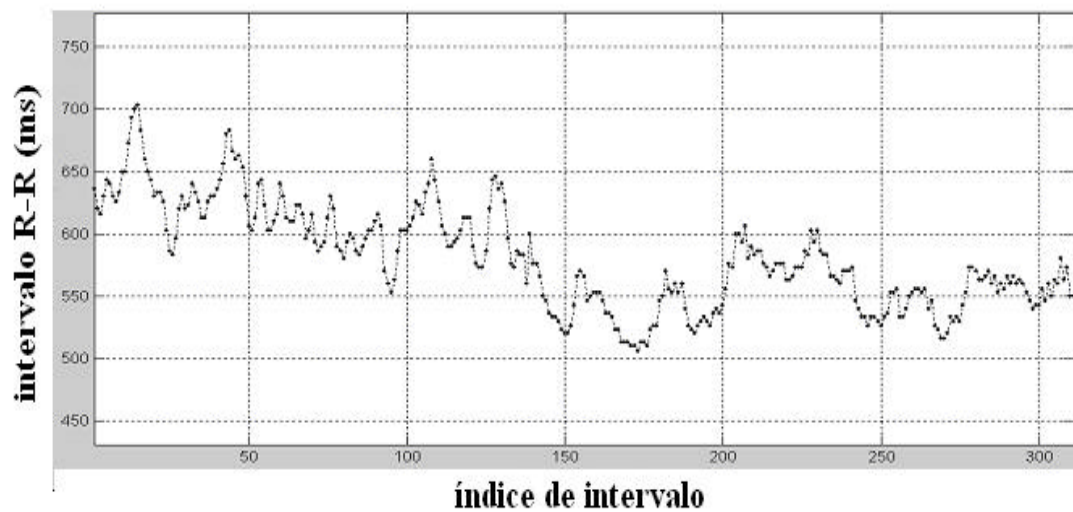
### 3.9 Detecção dos Complexos QRS

A série dos intervalos RR foi obtida com o sistema Ergo PC Elite 13W da Micromed (DF-Brasil), o qual utiliza para a detecção dos complexos QRS um algoritmo de comparação de nível. Esse algoritmo compara a derivada do ECG, num determinado trecho, com limites inferiores e superiores pré-estabelecidos. Caso a derivada esteja dentro dos limites, o algoritmo procura pelo pico do complexo QRS, a onda R. O intervalo é determinado como o período de tempo entre dois picos detectados.

### 3.10 Metodologia empregada para classificação e eliminação dos batimentos ectópicos

Depois de gravados os arquivos do iRR em ASCII (American Standard Code for Information Interchange), código usado para gravar arquivos de texto no computador,

foram eles analisados pela metodologia descrita. A seguir, a marcação e remoção dos batimentos ectópicos foram feitas com supervisão direta do autor deste estudo e de um médico da Seção de Reabilitação Cardíaca da UNIVAP. A classificação dos batimentos ectópicos foi feita inicialmente pela forma automática do sistema implantado (**Figura 14**) e posteriormente revisada por nós. Foram excluídas as gravações que apresentavam mais de 2% de artefatos (CUNINGHANT, 2002). As Correções manuais foram realizadas nos batimentos prematuros supraventriculares, ventriculares e pausa com omissão anterior e batimento subsequente, em seguida interpolado por “splines” cúbicas pelo sistema.



**Figura 14** - Exemplo de intervalograma para detecção de batimentos ectópicos, num trecho de 180 segundos na fase do aquecimento.

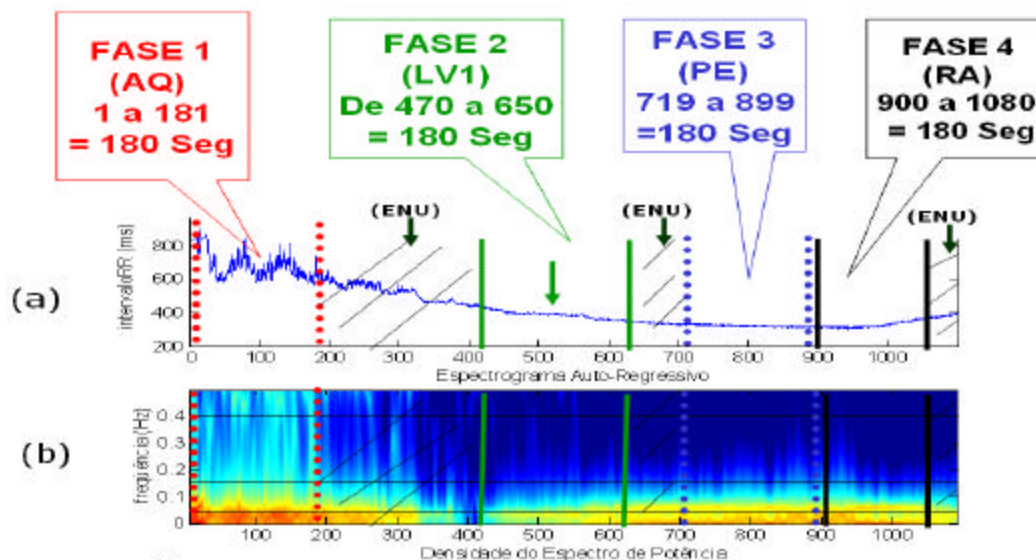
### 3.11 Parâmetros empregados para a análise da VFC durante as 4 fases do TEFDC-D

Basicamente, durante a análise dos dados, as observações estiveram concentradas nos 4 seguintes momentos vivenciados pelos voluntários (n=26), momentos esses que denominamos de fase:

- 1) 180 segundos no início do exercício caracterizando o aquecimento (AQ);
- 2) 180 segundos fase correspondente ao limiar ventilatório1 (LV1), sendo 90 segundos antes e 90 segundos após o LV1;
- 3) 180 segundos fase correspondente ao pico do esforço (PE);
- 4) 180 segundos fase correspondente à recuperação ativa (RA), logo após o PE.

Os parâmetros adotados estão ilustrados na Figura abaixo.

#### Parâmetro Empregado para a Análise da VFC



**Figura 15** Representação esquemática do parâmetro adotado para a seleção dos trechos (janelas – 180 segundos), nas diferentes fases do exercício físico dinâmico. Em (a) intervalograma RR e em (b) espectrograma. (ENU) = espaço não utilizado para o estudo da VFC. A seta verde em (a) indica o ponto central do LV1.

### **3.12 Forma utilizada para a seleção do trecho de 180 segundos, referente às 4 fases (AQ – LV1 - PE - RA)**

Para que pudesse ter precisão, quanto à seleção do trecho desejado “180 seg”, foi necessário desenvolver uma rotina em Matlab e incorporar ao sistema de análise tempo-freqüência autorregressiva (ATFAR) denominado de “Conversor de Tempo/Índice”. Como o próprio nome diz, a rotina converte o tempo inicial ( $t_1$ ) fornecido pelo pesquisador e em seguida, obtém-se o valor do índice referente ao intervalo de tempo dos iRR. O mesmo procedimento é feito com o tempo final ( $t_2$ ).

Após a identificação de todos os índices através do conversor Tempo/Índice, inicia-se a seleção dos trechos pelo módulo “Outlier RR” que, por sua vez, registra o índice referente ao tempo desejado não permitindo mais alterações (motivo de segurança), e a partir daí, já se podem obter o tão esperado espectrograma, os gráficos e as planilhas Temporais e Espectrais fornecidas pelo módulo ATFAR.

Nesses períodos de 180 segundos (chamados de janelas), podem estar presentes diferentes números de amostras RR, as quais são dependentes dos valores de FC no dado momento investigado, ou seja, quanto maior a FC na janela de 180 segundos selecionadas, maior a quantidade de amostras existentes.

### **3.13 Configuração utilizada para o processamento do sinal (iRR) nas 4 fases do teste de esfoço físico (AQ, LV1, PE e RA)**

- A taxa de interpolação do sinal RR por “splines” cúbica escolhida foi de 2 Hz, uma vez que não há ganhos reais em utilizar se a amostragem de 4 Hz, pois a mesma informação pode ser obtida sem distorção, usando a freqüência de 2 Hz. Dessa forma, consegue-se um cálculo mais rápido do espectrograma, embora não seja, recomendável a interpolação à taxa de 1 Hz, já que o sinal de VFC pode apresentar componentes não desprezíveis em freqüência acima de 0,5 Hz (CARVALHO et al., 2003);

- Ordem do modelo AR foi de 12 (por ser mais compatível com a taxa de interpolação de 2 Hz), selecionado pelo Bayesian Information Criterion (BIC), tem por objetivo ponderar a variância de erro de predição do modelo, indicando que ordem minimiza esse erro (CARVALHO et al. 2003);
- A janela escolhida foi a de Hamming, por não apresentar distorção do espectrograma e também por ser mais utilizada na literatura, ao contrário da janela Retangular e de Bartlett, apesar de oferecerem uma boa resolução frequencial;
- O comprimento da janela foi de 12 segundos, com o intuito de observar respostas mais rápidas (participação do SNP) do sistema nervoso autônomo, do que resultou um espectrograma mais detalhado;
- A amostragem do espectrograma foi de 0,5 Hz com 512 pontos por densidade de potência espectral (pts/PSD).

A configuração descrita acima foi utilizada para análise tempo-frequência (T-F) por apresentar um baixo custo computacional, Isso não difere de uma configuração mais elevada em que possa ocorrer pouca ou nenhuma distorção nos índices T-F.

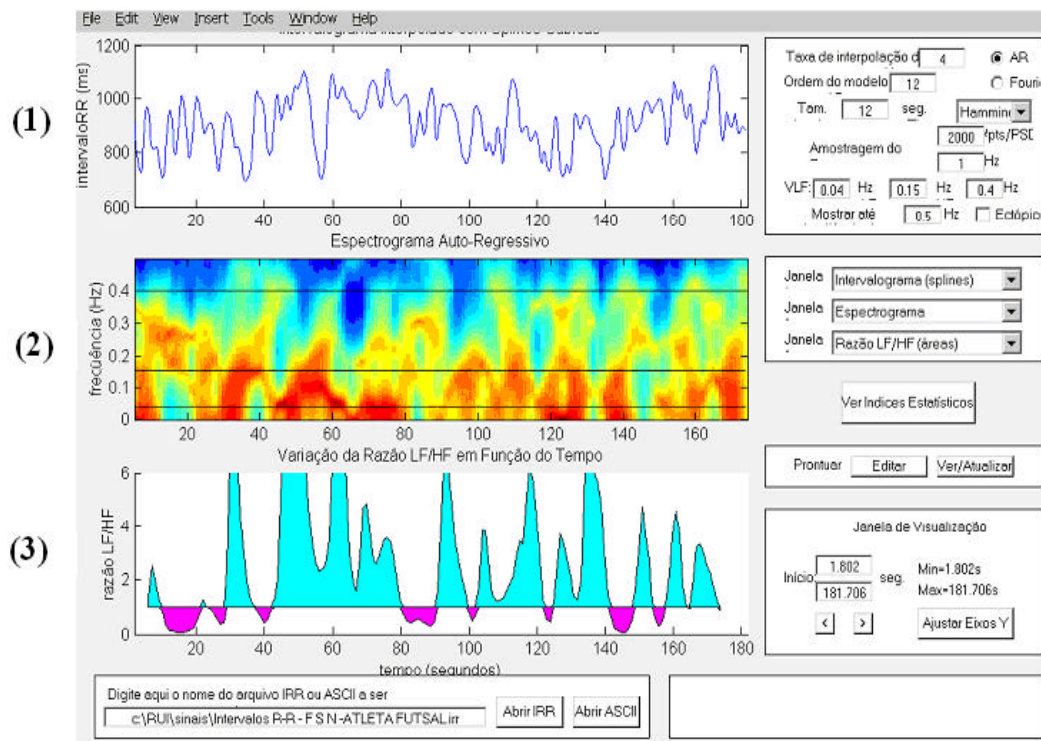
Após a seleção do batimento inicial ( $t_1$ ) e final ( $t_2$ ) do sinal (trecho), e escolhida a janela de observação, de um determinado momento do registro do iRR, o programa desenvolvido em Matlab realizava a análise da VFC T-F sobre os intervalos RR normais. Daí, é gerado um relatório de cada um dos índices contendo os seguintes itens sobre a VFC:

### 3.14 Índices temporais utilizados

- SDNN = desvio padrão dos intervalos RR médios presentes naquela janela de 180 segundos estudados (o que caracteriza a própria VFC);
- pNN50 = percentagem dos ciclos sucessivos que apresentam diferença de duração acima de 50 milissegundos;

- $r$ -MSSD = raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos RR normais adjacentes, expressa em milissegundos.

Na figura abaixo pode-se verificar uma janela de observação de (180 segundos) de um espectrograma iRR, interpolado por “splines” cúbica de um dos voluntários AFS durante a fase AQ do TEFDC-D. Os resultados estatísticos da análise Temporal e espectral encontram-se apresentados no Anexo D.



**Figura 16** - Ilustração da tela do computador do programa analisador dos gráficos T-F de um dos AFS - AQ 1) gráfico de intervalos RR interpolado com “spline” cúbica; 2) gráfico do Espectrograma Auto-Regressivo e 3) gráfico representando a variação da Razão LF/HF em função do Tempo, também é apresentado em planilha os Índices estatísticos temporais

### 3.15 Índices espectrais utilizados

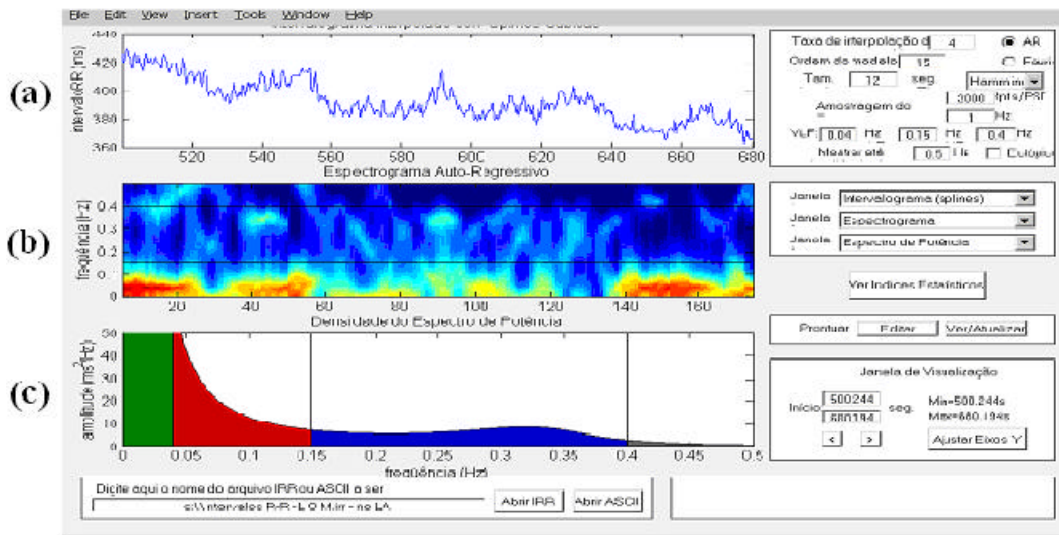
O processamento previamente descrito analisou a VFC pelo método de análise Tempo-Frequência com base no modelo auto-regressivo (descrito acima), com algoritmo matemático para determinar o número, a frequência e a amplitude dos componentes oscilatórios (harmônicas) presentes na janela de observação, distribuindo-os, em potências de densidade espectral (PSD) (milissegundos ao quadrado sobre Hertz =  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ ) dentro de bandas de frequência (em Hertz = Hz) por nós pré-determinadas. Seguindo o proposto por vários autores de renome na área, reunidos numa força tarefa (“TASK FORCE of The European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology”, 1996) designados a estabelecer parâmetros adequados à correta aplicação da análise espectral da VFC em diferentes estudos que a incluam, as bandas espectrais limites (em Hz) aplicadas ao presente trabalho foram as seguintes, (**Tabela 1**).

**Tabela 1** - Determinação das bandas de frequências para análise dos índices espectrais

| ANÁLISE ESPECTRAL     | FREQÜÊNCIA<br>(Hertz) | PERÍODO<br>(segundo) |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Baixa frequência (LF) | 0,0400 a 0,1500       | 25 a 6,7             |
| Alta frequência (HF)  | 0,1500 a 0,4000       | 6,7 a 2,5            |

As bandas de frequência citadas acima foram estudadas em unidades absolutas medidas em densidade de potência espectral (PSD). Abaixo, na **Figura 17** pode-se verificar uma janela de observação (de 180 segundos) de um espectrograma dos intervalos RRi de um dos voluntários atleta, durante 90 segundos, que antecedem o LVI e 90 segundos precedentes ao LVI.





**Figura 17** - Ilustração da tela do computador do programa analisador dos gráficos T-F de um dos AFS – LV1 a) gráfico de intervalos RR interpolado por “splines” cúbica a 4 Hz; b) Espectrograma Auto-Regressivo e c) representando a densidade do espectro de potência (PSD), também são apresentados em forma de planilha, os Índices estatísticos Espectrais.

### 3.16 Abordagem estatística

Para se escolher que tipo de teste estatístico seria empregado (paramétrico ou não paramétrico), aplicou-se o teste de *Shapiro Wilka* (CONOVER, 1980) para fazer uma avaliação quanto aos tipos de distribuição das variáveis em diferentes condições. Utilizou – se a forma de “Box plot”, que apresentam graficamente o sumário dos valores, mínimos e máximos, 1°. e 3°. quartis, como sendo valores (separatriz) que dividem a distribuição em duas partes, tal que 25% dos valores sejam menores que ele e 75%, dos valores sejam maiores que ele, medianas como sendo o valor que ocupa a posição central da distribuição (sempre representada na forma de uma barra vermelha horizontal) e os “outliers”, utilizando-se a Statistics Toolbox do Matlab versão 6.5 (2001).

A análise estatística de significância foi realizada a partir de testes paramétricos (t Student), quando os dados apresentavam a existência de normalidade em sua distribuição e a não existência de normalidade das observações neste caso aplicaram-se os testes não paramétricos: Teste de *Mann Whitney* e *Kruskall-Wallis* para amostras não pareadas, Teste *Wilcoxon* para amostras pareadas e para análise de correlação, utilizando *Spearman*. Foram considerados níveis de significância P-valor = 0,01 e P-valor = 0,05.

## **4. RESULTADOS**

#### 4.1 Idade, características antropométricas e capacidade vital dos voluntários estudados

Estão apresentados na **Tabela 2** em valores médios e respectivos desvios padrões (DP) dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED), os dados referentes à idade em anos, peso, massa gorda absoluta (MGA) e massa magra absoluta (MMA) em quilograma (kg), massa gorda relativa (MGR) em porcentagem (%) (obtidos na somatória das 5 dobras cutâneas), estatura em centímetros (cm), pressão arterial sistólica de repouso (PASr) e diastólica de repouso (PADr), em milímetros de mercúrio (mmHg), frequência cardíaca de repouso (FCr) em batimentos por minuto (bpm), frequência respiratória de repouso (FRr) em respiração por minuto (rpm). Utilizou-se do Teste *t Student* para análise de comparação entre os grupos. Os dados apresentados mostram que:

A idade, a estatura o peso, a massa gorda absoluta (MGA), a massa gorda relativa (MGR), a PASr, PADr e a FRr, não apresentaram diferenças ( $p > 0,05$ ) estatísticas. As diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) estatísticas estavam presentes na massa magra absoluta (MMA) e na FCr.

**Tabela 2** - Idade, características antropométricas e dados de pressão arterial sistólica repouso (PASr) e diastólica repouso (PADr) em mmHg, de frequência cardíaca (FCr) em bpm, de frequência respiratória em repouso (FRr) em rpm, atletas de Futsal (AFS), sedentários (SED)

| Características | AFS (n=13)<br>$\bar{X} \pm DP$ | SED (n=13)<br>$\bar{X} \pm DP$ |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Idade (anos)    | 17 ± 1                         | 17 ± 1 NS                      |
| Estatura (cm)   | 174,85 ± 5,03                  | 172,231 ± 6,08 NS              |
| Peso (Kg)       | 65,38 ± 5,8                    | 60,79 ± 8,06 NS                |
| MGA (Kg)        | 8,79 ± 1,88                    | 8,70 ± 2,55 NS                 |
| MMA (Kg)        | 56 ± 4,75                      | 52,09 ± 6,21*                  |
| MGR (%)         | 13,36 ± 2,03                   | 14,16 ± 2,90 NS                |
| PASr (mmHg)     | 114 ± 10                       | 112 ± 8NS                      |
| PADr (mmHg)     | 75 ± 8                         | 75 ± 7 NS                      |
| FCr (bpm)       | 64 ± 7                         | 74 ± 9,*                       |
| FRr (rpm)       | 16 ± 3                         | 16 ± 3 NS                      |

$\bar{X}$  = média; DP = desvio padrão, MGA = massa gorda absoluta; MMA = massa magra absoluta; MGR = massa gorda relativa; cm= centímetros; kg = quilogramas; % = porcentagem; mmHg = milímetro de mercúrio; bpm = batimentos por minuto; rpm = respiração por minuto.  $P < 0,05$  = \*; NS = não significativo (em relação ao grupo de atletas).

## 4.2 Tempo de atividade dos atletas de Futsal e inatividade dos sedentários

Apresentados na tabela abaixo.

**Tabela 3** - Dados dos valores médios do tempo de atividade dos atletas de Futsal (AFS) e inatividade dos sedentários (SED).

|  | $\bar{X} \pm DP$ |
|--|------------------|
| <b>AFS (n=13)</b> – tempo de atividade da modalidade (em anos) | 9 ± 3            |
| <b>SED (n=13)</b> – tempo de inatividade (em anos)             | 1,5 ± 1          |

$\bar{X}$  = média; DP = desvio padrão.

## 4.3 Distância percorrida (km)

Estão apresentados em “Box Plots” os valores das medianas, 1°. e 3°. quartis ( $Q_1$  e  $Q_3$ ) e valores mínimo e máximo dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) os dados referentes à distância total percorrida (DTP) em quilômetros (km) e velocidade máxima atingida (VMA) em quilômetros por hora (km/h) no TEFDC-D. Utilizou-se o Teste *Mann-Whitney* para análise de comparação entre os grupos.

**Figura 18 (a).** Por meio do teste de comparação, p-valor ( $p < 0.01$ ), nota-se que existe diferença significativa entre os 2 grupos. Para o grupo AFS, verifica-se que a distância percorrida varia de 2 a 4,4 km. Os valores observados nesse grupo estão distribuídos de forma levemente assimétrica. Nota-se que 50% dos atletas percorrem de 2 a 3,5 km e os outros 50% percorrem de 3,5 a 4,4 km de distância. Considerando o grupo SED, observa-se que a distância percorrida é de 800 a 1800 metros. A distribuição dos valores para esse grupo é simétrica: 50% dos sedentários percorrem de 800 a 1300 metros e os outros 50% uma distância de 1300 a 1800 metros. Ao comparar o grupo SED com o grupo AFS, nota-se que o valor máximo da distância percorrida pelos sedentários é menor do que o valor mínimo da distância percorrida pelos atletas.

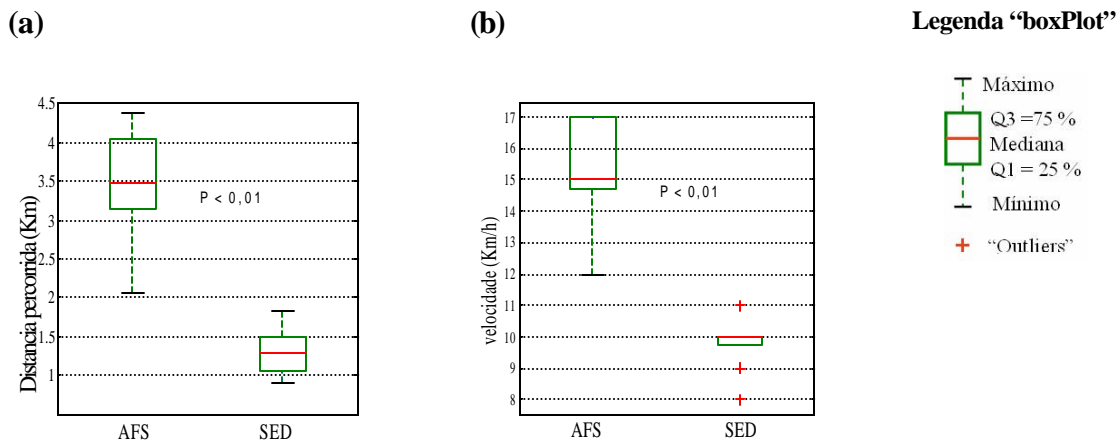
A amplitude da distância dos atletas é maior, de aproximadamente 2,4 km, comparada aos sedentários, que é de aproximadamente 1 Km. Observa-se que não existe “outlier”, tanto para a distribuição do grupo AFS, assim como para o grupo SED.

#### 4.4 Velocidade (km/h)

**Figura 18 (b).** Ao observar o p-valor ( $p < 0.01$ ), nota-se que existe diferença significativa entre os dois grupos. A velocidade dos atletas varia de 12 a 17 km/h, e que 50% dos atletas possui uma velocidade de 12 a 15 km/h e os outros 50% têm uma capacidade de 15 a 17 km/h; é possível verificar uma leve assimetria na distribuição dos valores.

Para o grupo SED, verifica-se que as informações da velocidade estão concentradas em 10 km/h, ou seja, quase 100% dos sedentários têm essa velocidade; mas note que existem três pontos aberrantes “outliers” que se encontram afastados da concentração citada anterior. Os valores desses 3 pontos são 8, 9 e 11 km/h; é possível verificar uma leve assimetria.

Ao comparar os dois grupos, nota-se que o valor máximo da velocidade dos sedentários (11 km/h) é menor que o valor mínimo da velocidade dos atletas (12 km/h). A amplitude da velocidade dos atletas é maior, 5 km/h, comparada aos sedentários que é de 3 km/h.



**Figura 18** - Estão representados em (a) os valores da distância em quilômetros (km) e em (b) a velocidade máxima em quilômetros por hora (km/h) atingida no TEFDC-D do grupo dos atletas de Futsal (AFS – n=13) e sedentários (SED – n=13).

#### 4.5 Teste de esforço físico dinâmico contínuo do tipo degraus (TEFDC-D)

Os resultados a seguir foram obtidos durante o TEFDC-D. Deu-se especial destaque às variáveis que pudessem revelar o comportamento do sistema cardiorespiratório dos AFS e SED no momento do limiar ventilatório 1 (LV1) e no pico do esforço (PE). Utilizou-se do Teste de *Mann Whitney*, objetivando-se a comparação de valores entre os grupos. As variáveis estudadas durante o TEFDC-D no momento do LV1 e PE foram: consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) em litros por min (l/min) e em mililitro de quilograma por minuto (ml/kg/min); a produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ) em l/min; a frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm); a potência em Watts (W) e a ventilação, (VE) em l/min.

##### 4.5.1 Limiar Ventilatório 1 (LV1)

Os valores individuais médios das variáveis cardiorespiratórias e de potências obtidos no momento do Limiar ventilatório 1 (LV1) calculados pelo método ventilatório (Figura 6), encontram-se demonstrados nas tabelas IX e X (Anexo D). Também, encontram-se representados graficamente em “Box Plots” os valores das respectivas variáveis comparativamente entre os grupos de AFS e SED, podendo-se observar os valores de medianas,  $Q_1$ ,  $Q_3$  e os valores mínimos e máximos.

##### 4.5.1.1 Consumo de Oxigênio relativo ( $VO_2$ –ml/kg/min) no LV1

**Figura 19 (a).** Após analisar os grupos e aplicar o teste de comparação, nota-se que existe diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ ).

No grupo AFS, verifica-se que quase 100% dos valores observados na escala do “box plots” de  $VO_2$  relativo no LV1, encontram-se distribuídos de 30 a 48 mg/kg/min, mas existe um ponto aberrante, o que proporciona uma distribuição assimétrica para a direita; esse “outlier” ocasionou uma grande amplitude (aproximadamente 35 ml/kg/min).

Para o grupo SED, a distribuição dos valores é bem diferente; os valores estão entre 25 a 40 ml/kg/min na escala, nota-se uma leve assimetria à esquerda justificada pela distribuição dos valores, em que 50% estão entre 25 a 35 ml/kg/min na escala e os outros 50% de 35 a 40 ml/kg/min.

Nota-se que a amplitude dos valores para os sedentários é pequena comparada à amplitude dos atletas, e que em torno de 80% dos valores dos sedentários na escala é aproximadamente igual a 40% dos valores dos atletas.

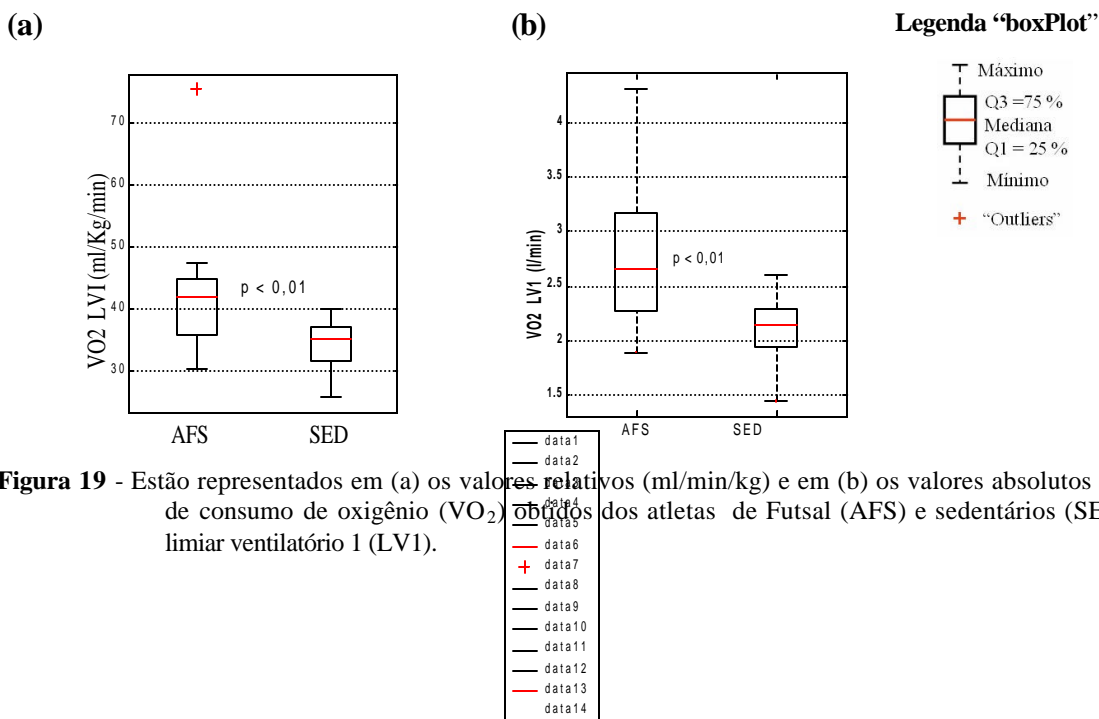
#### 4.5.1.2 Consumo de Oxigênio absoluto (VO<sub>2</sub>–l/min) no LV1

**Figura 19 (b).** Observando o p-valor ( $p < 0.01$ ), nota-se que os valores comparados entre os grupos são significativos estatisticamente.

Nota-se que existe assimetria dos valores de VO<sub>2</sub> absoluto no LV1 para os 2 grupos; porém, ocorrem em lados opostos; para os atletas a assimetria é positiva (valores grandes) e nos sedentários, a assimetria é negativa (valores pequenos). Nenhum dos grupos possui “outliers”.

Nos atletas, verifica-se uma maior amplitude em que os valores de VO<sub>2</sub> absoluto no LV1 são distribuídos de 1,8 a 4,8 l/min na escala; em que 50% desses valores estão entre 1,8 a 2,7 l/min e os outros 50% entre 2,7 a 4,8 l/min; porém, para os sedentários que possuem uma amplitude menor, os valores estão entre 1,4 a 2,6 l/min com referência na escala ajustada e que 50% estão de 1,4 a 2,2 l/min e os outros 50% estão entre 2,2 a 2,6 l/min.

Pode-se observar que 75% dos valores de VO<sub>2</sub> absoluto no LV1 para os sedentários são iguais a 50% dos valores para os atletas.



#### 4.5.1.3 Freqüência Cardíaca (FC) no LV1

**Figura 20 (a).** O teste de comparação indica um  $p > 0.05$ , o que significa que não foi encontrada diferença estatística para os grupos no quesito freqüência cardíaca.

O grupo SED têm uma amplitude maior na distribuição de freqüência cardíaca e apresenta assimetria à esquerda, devido a um “outlier” (valor pequeno).

#### 4.5.1.4 Potência (P) no LV1

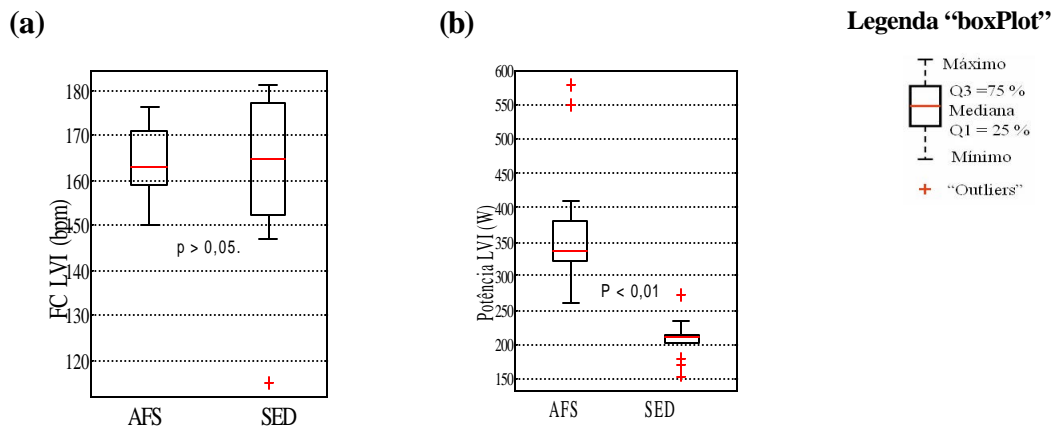
**Figura 20 (b).** O valor de  $p$  ( $p < 0.01$ ) indica que a variável potência apresentou diferenças estatísticas significantes.

No grupo dos atletas, a distribuição dos valores da potência é assimétrica. A distribuição dos valores da potência para os atletas têm uma amplitude razoavelmente grande, por causa dos “outliers” essa amplitude é de aproximadamente 320 watts (escala). Os valores da potência para os atletas estão distribuídos da seguinte forma: 50% dos atletas estão entre 260 a 340 W de potência e os outros 50% estão entre 340 a 580 Watts de potência.

Nos sedentários, nota-se que quase 100% dos valores da potência concentram – se entre 200 a 235 Watts de potência, mas existem 4 pontos aberrantes, dos quais, três estão entre 150 a 200 watts e o outro está em 270 Watts de potência. Mesmo com esses pontos “outliers”, a amplitude dos valores da potência para os sedentários não é tão grande quanto a dos atletas: 120 watts de potência.

O valor máximo da potência dos sedentários (“outliers”) coincide com o valor mínimo dos atletas.





**Figura 20** - Estão representados em (a) os valores de frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm), em (b) potência em Watts (W) dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) obtidos no limiar ventilatório1 (LV1) durante o TEFDC-D

#### 4.5.1.5 Ventilação Pulmonar (VE) no LV1

**Figura 21 (a).** Para a variável ventilação pulmonar, pode-se dizer que existe diferença estatística significativa, pois o  $p < 0.01$ .

Os grupos demonstraram uma distribuição dos valores de ventilação de forma assimétrica para a direita. Ao comparar os grupos, verifica-se que o valor mínimo da ventilação pulmonar dos atletas coincide com o valor mediano dos sedentários que é correspondente a 53 l/min., indicando uma baixa ventilação pulmonar dos SED, quando comparados aos AFS.

Para o grupo dos atletas, não existe ponto aberrante e ressalta-se que 50% dos valores da ventilação pulmonar estão entre 53 a 72 l/min e os outros 50% estão entre 72 a 109 l/min.

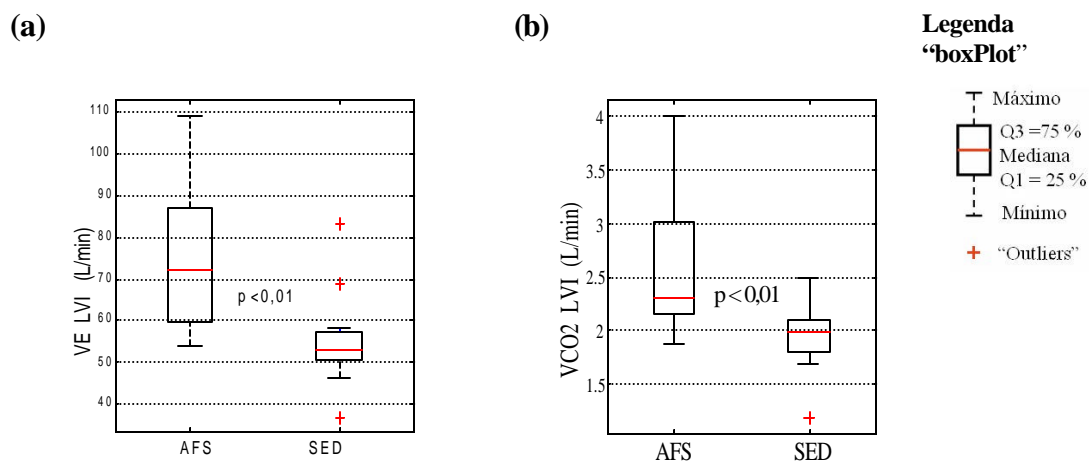
Para o grupo dos sedentários, quase 100% dos valores da ventilação encontra-se em uma escala menor que está entre 47 a 58 l/min; porém, existem 3 "outliers", (38, 69, e 83 l/min). Esses valores fazem com que a distribuição da variável ventilação adquira uma forma assimétrica.

#### 4.5.1.6 Produção de Dióxido de Carbono ( $V_{CO_2}$ ) LV1

**Figura 21 (b).** Pode-se dizer que existe diferença estatística entre os grupos para os valores da produção de  $CO_2$  ( $p < 0.01$ ).

No grupo dos atletas, é notada uma grande assimetria à direita em que 50% dos valores de produção de  $CO_2$  estão entre 1,8 a 2,3 l/min e a outra metade das informações entre 2,3 a 4,0 l/min, sem detectar “outliers” no grupo dos atletas.

Nos sedentários, a distribuição dos valores da produção de  $CO_2$  não é tão disperso como nos atletas, ou seja, as informações estão concentradas na escala, porém, existe um “outlier”. Os valores de produção de  $CO_2$  para os sedentários estão representados da seguinte forma: 50% entre 1,2 a 2 l/min e os outros 50% de 2 a 2,5 (l/min), sendo que o valor 1,2 l/min é considerado “outlier”.



**Figura 21** - Em (a) valores de ventilação pulmonar (VE) em litros por minutos (l/min) e em (b) produção de dióxido de carbono (V) em litros por minuto (l/min) dos atletas (AFS) e sedentários (SED) obtidos no Limiar ventilatório1 (LV1) durante TEFDC-D

#### 4.5.1.7 Análise de correlação no limiar ventilatório 1 (LV1)

Utilizou – se o teste de associação entre duas variáveis, obtidas no LV1 junto aos dois grupos para constatar-se qual (is) variável (is) teria (m) maior influência sobre as demais e seria(m) a (s) mais importantes(s) no momento do LV1, calculando-se a correlação pelo coeficiente de Spearman ( $r_s$ ).

Esses resultados demonstram que as correlações entre o  $VO_2$  e  $VCO_2$  são, para ambos os grupos, as variáveis de maior importância na determinação do LV1, representados na **Tabela 4**.

**Tabela 4** -. Valores dos coeficientes de correlação entre as variáveis estudadas, obtidas no momento do Limiar ventilatório 1

| Variáveis    | Atletas | Valor- p | Sedentários | Valor- p |
|--------------|---------|----------|-------------|----------|
| VO2rel/FC    | 0,45    | 0,124    | -0,01       | 0,950    |
| VO2rel/P     | 0,68    | 0,023*   | 0,077       | 0,802    |
| VO2rel/VE    | 0,96    | 0,000*** | 0,59        | 0,034*   |
| VO2rel/VCO2  | 0,89    | 0,000*** | 0,32        | 0,284    |
| FC/P         | 0,25    | 0,417    | 0,07        | 0,826    |
| FC/VE        | 0,50    | 0,801    | 0,07        | 0,816    |
| FC/VCO2      | 0,38    | 0,19     | 0,11        | 0,711    |
| P/VE         | 0,58    | 0,367    | 0,65        | 0,015*   |
| P/VCO2       | 0,66    | 0,015*   | 0,73        | 0,004**  |
| VE/VCO2      | 0,94    | 0,000**  | 0,75        | 0,003**  |
| VO2 abs/FC   | 0,43    | 0,146    | 0,11        | 0,711    |
| VO2 abs /P   | 0,68    | 0,010**  | 0,78        | 0,001**  |
| VO2 abs /VE  | 0,95    | 0,000*** | 0,77        | 0,002**  |
| VO2 abs/VCO2 | 0,91    | 0,000*** | 0,78        | 0,002**  |

FC = frequência cardíaca; P = potência; VE = ventilação Pulmonar;  $VO_2$  = consumo de oxigênio (ml/Kg/min); V = produção de dióxido de carbono;  $p < 0,001 = ***$ ;  $p < 0,01 = **$ ;  $p < 0,05 = *$

#### 4.5.2 Pico do esforço (PE)

As mesmas variáveis estudadas no LV1 foram também analisadas no momento do pico do esforço durante a execução do TEFDC-D e os resultados obtidos individualmente estão representados nas tabelas XII e XIII (Anexo D).

##### 4.5.2.1 Consumo de Oxigênio relativo ( $\text{VO}_2$ –ml/kg/min) Pico

**Figura 22 (a).** Pelo do teste de comparação ( $p<0.01$ ), é possível dizer que existe diferença estatística entre os grupos, para a variável consumo de  $\text{VO}_2$ .

No grupo dos atletas, existe um “outlier” (77 ml/kg/min); o comportamento dos valores é assimétrico à direita. A distribuição dos 50% dos valores do consumo de  $\text{VO}_2$  para os atletas estão entre 46 a 52 ml/kg/min e a outra metade está entre 52 a 77 ml/kg/min.

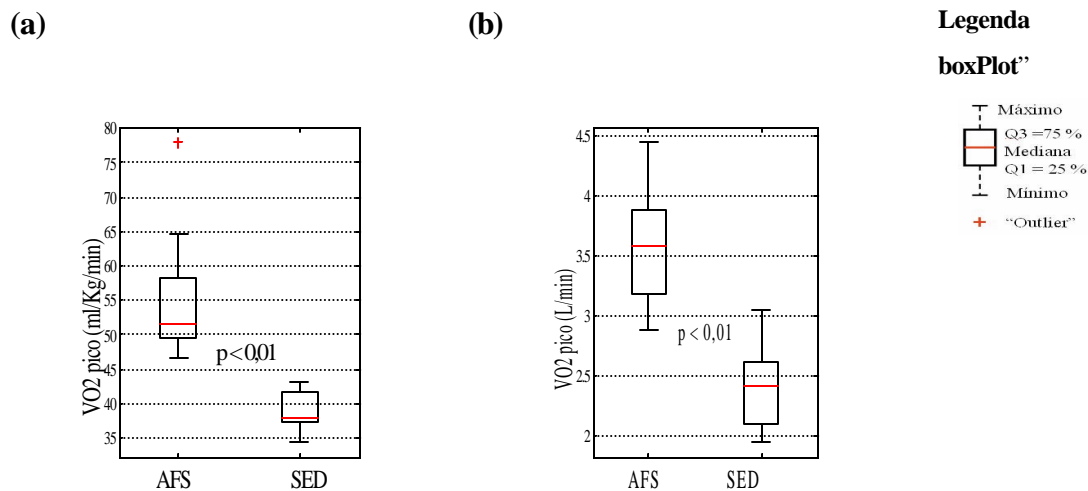
No grupo dos sedentários, nota – se que existe uma distribuição simétrica dos valores (não existe “outliers”). Os valores de consumo de  $\text{VO}_2$  dos sedentários estão abaixo da escala ao comparar com os atletas; o valor máximo do consumo de  $\text{VO}_2$  dos sedentários não atinge o valor mínimo para os atletas.

##### 4.5.2.2 Consumo de Oxigênio absoluto ( $\text{VO}_2$ –l/min) Pico

**Figura 22 (b).** Por meio do teste de comparação ( $p<0.01$ ), pode-se dizer que existe diferença estatística entre os grupos na variável consumo absoluto de  $\text{VO}_2$  no pico.

Entre os dois grupos, nota–se que existe uma leve assimetria dos valores para a direita, mas as distribuições dos valores nos grupos são diferentes na escala. Nos atletas, a amplitude dos valores é aproximadamente 1,5 l/min e nos sedentários é 1,2 l/min; 50% dos valores absolutos l/min do consumo de oxigênio estão entre 2,8 a 3,6 (l/min) e a outra metade está entre 3,6 a 4,4 (l/min).

Para o grupo de sedentários, 50% dos valores estão de 1,9 a 2,4 (l/min) de consumo de oxigênio, e os outros 50% de 2,4 a 3,1 (l/min). Nota–se que aproximadamente 10% dos valores máximos para os sedentários são iguais aos valores mínimos de consumo de  $\text{VO}_2$  para os atletas.



**Figura 22** - Estão representados em (a) os valores relativos (ml/Kg/min) e em (b) os valores absolutos (l/min) do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) obtidos pico do exercício (PE) durante TEFDC-D.

#### 4.5.2.3 Frequência Cardíaca (FC) Pico

**Figura 23 (a).** Utilizando o teste de comparação, pode-se notar que não ocorreu diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ) entre os grupos.

No grupo dos atletas, existe um “outlier” (valor pequeno), valor menor do que o valor mínimo dos sedentários.

A amplitude para este grupo está no intervalo de aproximadamente 165 até aproximadamente 197 batimentos por minuto (bpm), e 50% dos atletas têm FC entre aproximadamente 180 até 195; enquanto que para o grupo dos sedentários, 50% estão localizados entre (aproximadamente) 170 e 190 bpm (aproximadamente).

Os dois grupos têm distribuição levemente assimétrica para a esquerda.

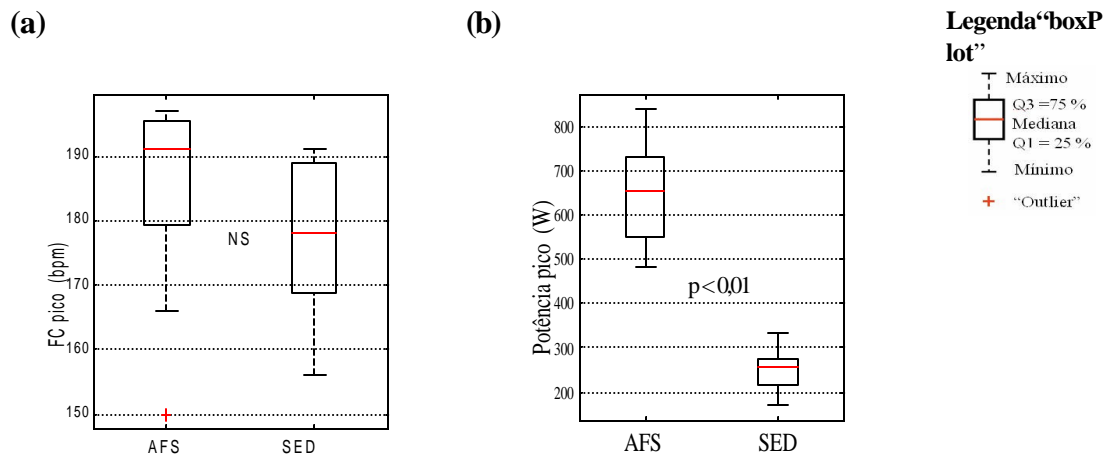
#### 4.5.2.4 Potência (P) Pico

**Figura 23 (b).** Nota-se que existe diferença estatística entre os grupos, após aplicar o teste de comparação ( $p < 0.01$ ), para a potência no pico do esforço.

Verifica-se que a distribuição, para ambos os grupos é simétrica, assumindo valores em intervalos bem diferentes: o grupo AFS assume valores no intervalo 500 a 850 aproximadamente e o grupo SED assume valores no intervalo 150 a 350 aproximadamente.

O valor máximo da potência dos sedentários é bem menor que o valor mínimo da potência dos atletas.

No grupo dos atletas os valores da potência estão distribuídos da seguinte forma: 50% dos valores estão de 490 a 660 (W) de potência e a outra metade de 660 a 830 (W).



**Figura 23** - Estão representados em (a) os valores de frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm), em (b) potência em Watts (W) dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) obtidos no pico do esforço (PE) durante o TEFDC-D.

#### 4.5.2.5 Ventilação Pulmonar (VE) Pico

**Figura 24 (a).** Pela aplicação do teste de comparação, pode-se dizer que existe diferença estatística entre os grupos na variável ventilação pulmonar ( $p < 0.01$ ).

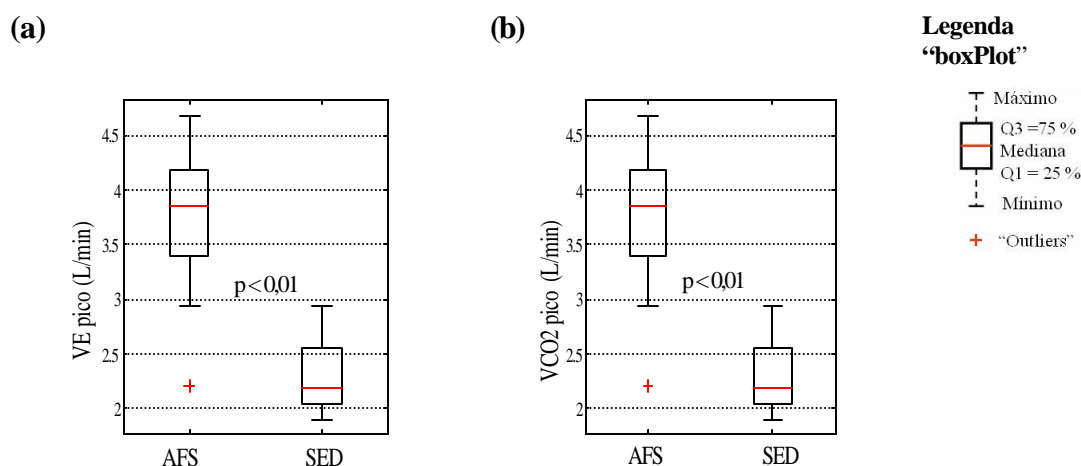
Existe assimetria na distribuição dos valores da variável para os dois grupos e também um "outlier" no grupo dos atletas, único valor da ventilação pulmonar nos atletas que coincide com os valores da ventilação nos sedentários, ou seja, todos os valores da ventilação dos sedentários estão abaixo dos valores dos atletas, com exceção do "outlier".

Nota-se que a amplitude dos valores na ventilação para os atletas é maior, quando comparada a dos sedentários. A distribuição dos valores da ventilação nos atletas apresenta uma assimetria à esquerda; já nos sedentários, essa assimetria está à direita.

#### 4.5.2.6 Produção de Dióxido de Carbono ( $VCO_2$ ) Pico

**Figura 24 (b).** Pode-se dizer, pelo teste ( $p < 0.01$ ) que existe diferença estatística entre os valores da produção de  $CO_2$  nos dois grupos.

A distribuição dos valores nos grupos é assimétrica, porém, cada grupo com suas características. Nota-se a existência de um “outlier” no grupo dos atletas, sendo este o único que coincide com os valores dos sedentários. Para os atletas, a distribuição está assimétrica para a esquerda; um fator que influenciou essa assimetria foi o “outlier” encontrado bem abaixo dos valores da produção de  $CO_2$  nos atletas 2.1 l/min e nos sedentários, o valor mínimo é de aproximadamente 1.0 l/min. Nota-se que o valor máximo da produção de  $CO_2$  no pico dos sedentários é igual ao valor mínimo dos atletas. Nos sedentários, há uma leve assimetria à direita.



**Figura 24** - Em (a) valores de ventilação pulmonar (VE) em litros por minutos (l/min) e em (b) produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ) em litros por minuto (l/min) dos atletas (AFS) e sedentários (SED) obtidos no pico do esforço durante TEFDC-D.

#### 4.5.2.7 Análise de correlação no pico do esforço (PE)

Utilizou – se o teste de associação entre duas variáveis mensuradas a nível ordinal (postos), obtidas no pico do esforço junto aos dois grupos para constatar qual ou quais variáveis teriam maior influência sobre as demais e seria(m) a(s) mais importantes(s) no momento do PE, calculando-se a correlação pelo coeficiente de *Spearman* ( $r_s$ ). **Tabela 5** abaixo.

**Tabela 5** - Valores do coeficiente de correlação entre as variáveis estudadas, obtidas no pico do esforço.

| Variáveis     | Atletas<br>$r_s$ | p-valor  | Sedentários<br>$r_s$ | p-valor |
|---------------|------------------|----------|----------------------|---------|
| VO2 rel/FC    | -0,58            | -0,369   | -0,10                | 0,739   |
| VO2 rel/P     | 0,46             | 0,117    | -0,03                | 0,993   |
| VO2 rel/VE    | 0,52             | 0,071    | 0,63                 | 0,002*  |
| VO2 rel/VCO2  | 0,69             | 0,009**  | 0,42                 | 0,149   |
| FC/P          | -0,21            | 0,499    | -0,42                | 0,154   |
| FC/VE         | 0,07             | 0,720    | -0,03                | 0,910   |
| FC/VCO2       | -0,03            | 0,914    | -0,32                | 0,279   |
| P/VE          | 0,31             | 0,297    | 0,42                 | 0,150   |
| P/VCO2        | 0,54             | 0,0546*  | 0,54                 | 0,550   |
| VE/VCO2       | 0,84             | 0,000*** | 0,72                 | 0,006** |
| VO2 abs/FC    | 0,55             | 0,05*    | -0,42                | 0,151   |
| VO2 abs /P    | 0,38             | 0,418    | 0,69                 | 0,009** |
| VO2 abs /VE   | 0,53             | 0,549    | 0,63                 | 0,009** |
| VO2 abs/ VCO2 | 0,69             | 0,719    | 0,80                 | 0,001** |

FC = frequência cardíaca; P = potência; VE = ventilação Pulmonar; VO2 = consumo de oxigênio (ml/Kg/min) em valores relativos (rel); VCO2 = produção de dióxido de carbono, VO2 em valores absoluto (abs) em l/min ; \*\*\* p < 0,001; \*\* = p < 0,01; \* = p < 0,05.



### 4.5.3 Correlação entre os valores das variáveis no LV1 e no PE

Para se conhecer a presença das relações dos valores das variáveis obtidos no LV1 e no pico do esforço durante o TEFDC-D, calculou-se o Coeficiente de Correlação de Spearman ( $r_s$ ), tabela abaixo.

**Tabela 6** - Valores dos Coeficientes de correlação entre as variáveis estudadas, no LV1 *versus* no Pico do esforço (AFS e SED).

| Variáveis<br>LV1 <i>versus</i> PE | Atletas<br>$r_s$ | p-valor | Sedentários<br>$r_s$ | p-valor   |
|-----------------------------------|------------------|---------|----------------------|-----------|
| VO <sub>2</sub> (ml/kg/min)       | 0,49             | 0,093ns | 0,73                 | 0,005**   |
| FC (bpm)                          | -0,12            | 0,693ns | 0,70                 | 0,007**   |
| P (W)                             | 0,34             | 0,255ns | 0,88                 | 0,0001*** |
| VE (l/min)                        | 0,74             | 0,004** | 0,82                 | 0,006**   |
| VO <sub>2</sub> (l/min)o          | 0,74             | 0,004** | 0,87                 | 0,0001*** |
| VCO <sub>2</sub> (l/min)          | 0,62             | 0,02*   | 0,75                 | 0,003**   |

\*\*\* p<0,001; \*\* =p <0,01; \* = p<0,05, NS = não significante.

#### 4.5.3.1 Dispersão das variáveis metabólicas no LV1 e no PE

**Figura 25 (a).** No grupo dos atletas: Aplicado o teste de correlação, pode-se dizer que não existe correlação entre as 2 variáveis ( $p > 0,05$ ): quando aumenta o consumo de VO<sub>2</sub> no LV1 também aumenta o consumo no pico para o grupo dos atletas.

Nota – se que a maior parte dos valores de consumo de VO<sub>2</sub> em ambos os testes para os atletas se concentram na escala de VO<sub>2</sub> no LV1 de 30 a 50 ml/kg/min, e no PE os valores de VO<sub>2</sub> estão entre 45 a 60 ml/kg/min. Vale ressaltar que temos um valor máximo para ambas as variáveis, considerado atípico para a distribuição.

Pode-se dizer que o comportamento entre as duas variáveis é aproximadamente linear com o valor de  $r_s$  igual 0,50.

**Figura 25.(b).** No grupo dos sedentários o teste de correlação indica que existe correlação entre as variáveis de consumo de VO<sub>2</sub> no pico e no LV1 ( $p < 0.01$ ).

No grupo dos sedentários, notamos que os valores são mais dispersos uns dos outros, mas seguindo uma relação linear.

Verificamos valores mais baixos ao compararmos com o grupo dos atletas, ou seja, os valores máximos dos sedentários são equivalentes aos valores mínimos dos atletas, com referência à escala (ml/kg/min) a que esses valores estão ajustados. Não se nota ponto atípico.

**Figura 25 (c).** No grupo dos atletas: não existe correlação entre as variáveis, porém ela se comporta de forma tal que quando os valores de FC LV1 aumentam, os pontos se distanciam da reta ajustada, o que pode indicar grande variabilidade.

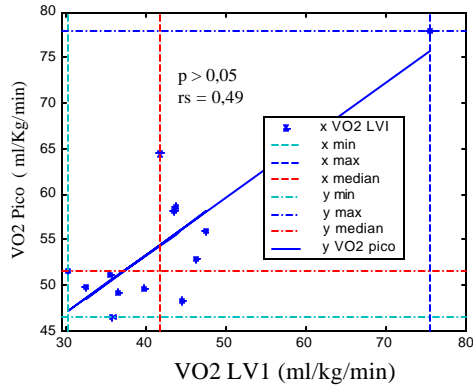
Esses valores situam – se principalmente na escala do LV1 entre 150 a 175 (bpm) e na escala pico entre 170 a 200 (bpm); porém, temos que ressaltar a existência de dois valores atípicos, em que em deles está localizado em 150 (bpm) para escala pico e 158 (bpm) para a escala LV1, e outro ponto está em 165 (bpm) para escala pico e 177 (bpm) na escala LV1. É necessário, oferecer uma atenção especial a esses valores.

**Figura 25 (d).** No grupo dos sedentários: mesmo existindo correlação entre as variáveis, os valores não se comportam de forma aparentemente linear. Conforme aumenta a frequência cardíaca no teste do LV1, também aumenta a frequência no teste do pico. Apesar de ter 2 valores recuados da maioria do grupo, não temos valores consideravelmente atípicos.

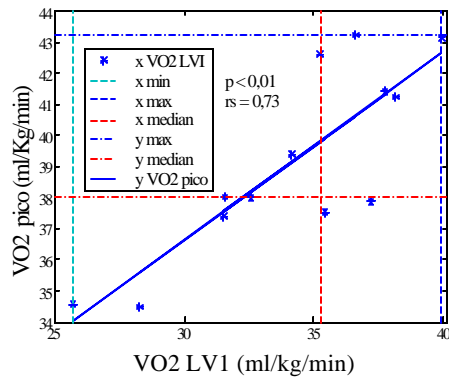
ATLETAS FUTSAL

SEDENTÁRIOS

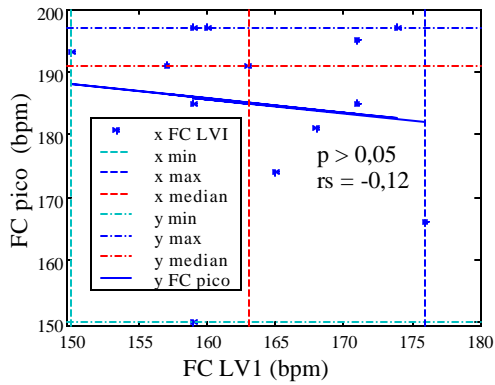
(a)



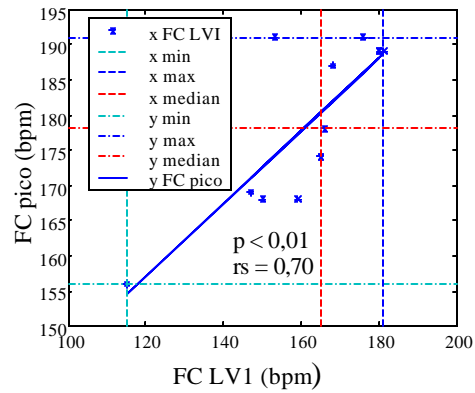
(b)



(c)



(d)



**Figura 25** - Diagrama de dispersão dos valores das variáveis VO2 L V1 e Vo2 pico representados em atletas de Futsal (a) e sedentários ( b); valores das variáveis FC L V1 e FC pico representados em (c) e (d). podem-se observar os valores das medianas mínimos e máximos nas linhas tracejadas.

**Figura 26 (a).** No grupo dos atletas: o comportamento dos dados não parece ser linear; a maioria dos valores da potência no grupo dos atletas se localiza na escala entre 250 a 400 (w) para a potência no teste do LV1 e entre 480 a 780 (w) no teste do pico. É importante rastrear e analisar um ponto atípico que está bem no alto das escalas (potência no pico e no LV1). A correlação não é significativa ( $p > 0.05$ ).

**Figura 26 (b).** No grupo dos sedentários nota-se que existe uma distribuição linear; portanto, a reta se ajusta melhor aos valores da variável potência.

Não existe ponto atípico ao analisar as informações. Os valores máximos de potência dos sedentários não atingem os valores mínimos de potência para o grupo dos atletas. A correlação é significativa ( $p < 0.001$ ).

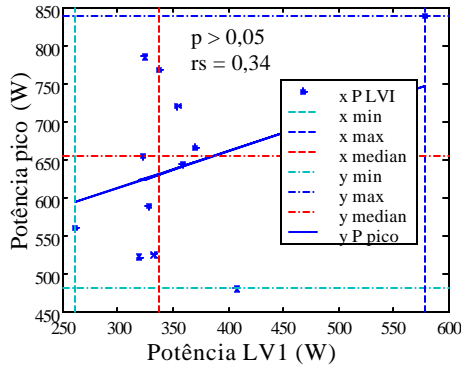
**Figura 26 (c).** No grupo dos atletas: note que os valores estão mais dispersos ao comparar com o grupo dos sedentários, importante verificar que a reta se ajusta aos valores altos, pois são esses os valores que os atletas têm na variável ventilação no LV1 e no pico. A correlação é significativa ( $p < 0.01$ ).

**Figura 26 (d).** No grupo dos sedentários: Nesse grupo, os valores estão concentrados bem abaixo da escala da variável ventilação no LV1 e no PE, apenas um valor está deslocado da maior parte concentrada, a correlação é significativa ( $p < 0.01$ ).

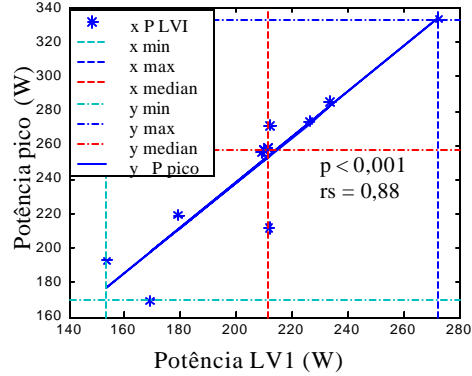
ATLETAS FUTSAL

SEDENTÁRIOS

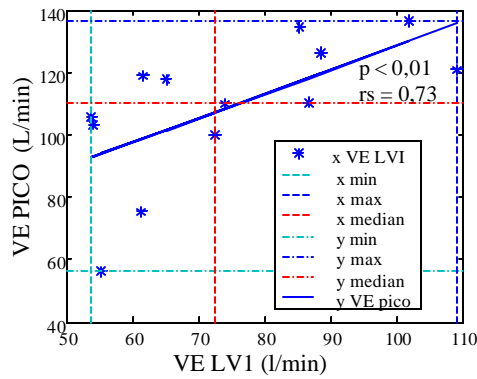
(a)



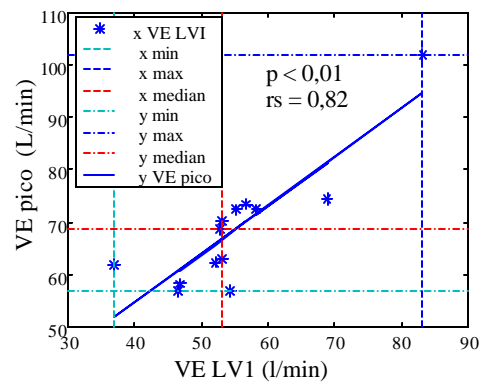
(b)



(c)



(d)



**Figura 26** - Diagrama de dispersão dos valores das variáveis P (W) no LV1 e P pico em (W) - representados em (a) atletas de Futsal e (b) sedentários; valores das variáveis VE LV1 e VE pico representados em (c) e (d). podem-se observar os valores das medianas mínimos e máximos nas linhas tracejadas.

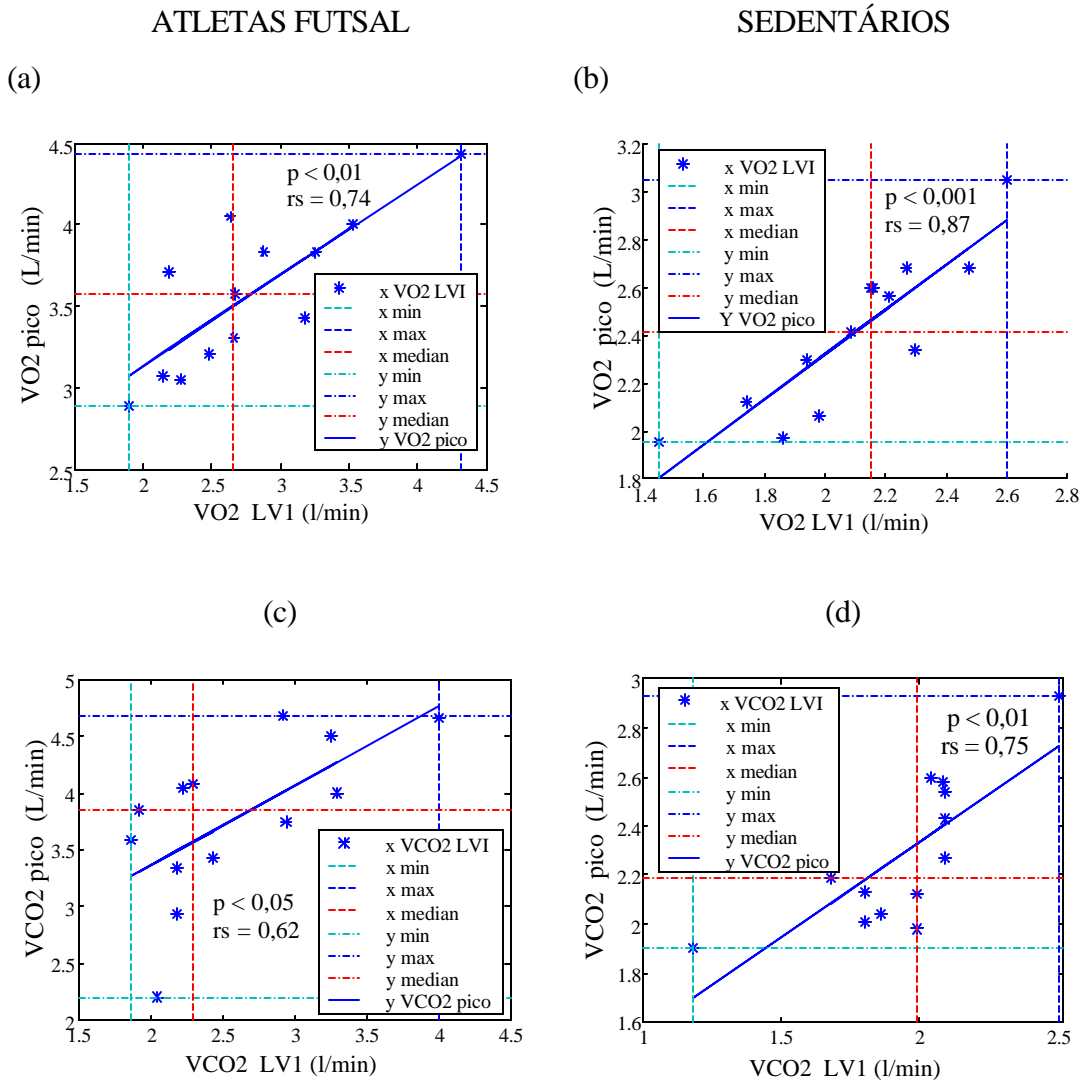
**Figura 27 (a, b).** No grupo dos atletas: A reta explica bem os valores da ventilação.

Os valores mínimos dos atletas são mais altos do que os valores mínimos para os sedentários. No grupo dos atletas, não notamos valor atípico.

No grupo dos sedentários verifica-se que os valores estão bem distribuídos em volta da reta, sem pontos atípicos.

**Figura 27 (c, d).** No grupo dos atletas: ao comparar as variáveis nota –se uma distribuição linear em volta da reta; porém, com um ponto atípico bem próximo de 2 (l/min) para ambas as escalas, o qual não se localiza na região próxima da reta. A reta está bem ajustada aos valores altos da escala.

No grupo dos sedentários: existe correlação entre as variáveis; porém, o gráfico de dispersão não mostra um comportamento linear entre as variáveis. Outros modelos (sem ser o linear) devem ser considerados.



**Figura 27** - Diagrama de dispersão dos valores das variáveis VO2 (l/min) LVI e VO2 (l/min) pico representados em (a) atletas de Futsal e (b) sedentários; valores das variáveis V LVI E V Pico representados em (c) e (d). Podem-se observar os valores das medianas mínimos e máximos nas linhas tracejadas.

## 4.6 Análise temporal e espectral da variabilidade da frequência cardíaca (VFC)

Os resultados obtidos estão descritos comparativamente entre o grupo de atletas de Futsal (AFS) vs o grupo de sedentários (SED) e apresentados em forma de “Box Plots”, com os valores de mediana, mínimo e máximo, 1º e 3º. Quartis ( $Q_1$  e  $Q_3$ ) e com seus respectivos níveis de significância estatística (quando houver), adquiridos através do Teste de Meann –Whitney.

Os parâmetros dos índices temporais estudados foram: iRR médio, SDNN e r-MSSD, e para os índices espectrais, os parâmetros foram: LF, HF e razão LF/HF cuja definição já foi descrita no capítulo anterior. Os índices foram obtidos nas quatro fases (AQ, LV1, PE e RA) com duração de 3 minutos cada fase, determinadas no teste de esforço físico dinâmico contínuo do tipo degraus (TEFDC-D). Utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman ( $S_r$ ) em cada fase do teste.

### 4.6.1 Análise dos índices temporais na fase de aquecimento (AQ)

Na análise dos índices temporais, deu-se destaque ao estudo do intervalo RR (iRR) médio e o SDNN pois, quanto maior for o valor do SDNN dos iRR médios, maior será a VFC encontrada na condição funcional estudada.

#### 4.6.1.1 Intervalo RR médio (iRR)

**Figura 28 (a).** Aplicado o teste de comparação, verificou-se que existe diferença estatística entre os grupos ( $p < 0,01$ ).

O grupo AFS apresenta assimetria à direita na distribuição de seus valores. Nos dois grupos, encontramos “outliers” moderados: No grupo AFS, este “outlier” situa-se na extremidade superior da escala, e nos sedentários um na parte superior e um na parte inferior. A amplitude dos valores para o grupo AFS é de 554 a 890 ms na escala (e o valor “outlier” é igual a 911 ms e para o grupo SED é de 470 até 630 ms, o “outlier” superior e inferior são iguais a 696 e 432 respectivamente).

#### 4.6.1.2 Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN)

**Figura 28 (b).** O teste indica que existe diferença entre os grupos AFS e SED ( $p < 0.05$ ). Os dois grupos apresentam um conjunto de valores bem concentrados: para o grupo AFS, o intervalo é de 41 ms até 106 ms para o grupo SED, o intervalo é de 4 ms até 100 ms.

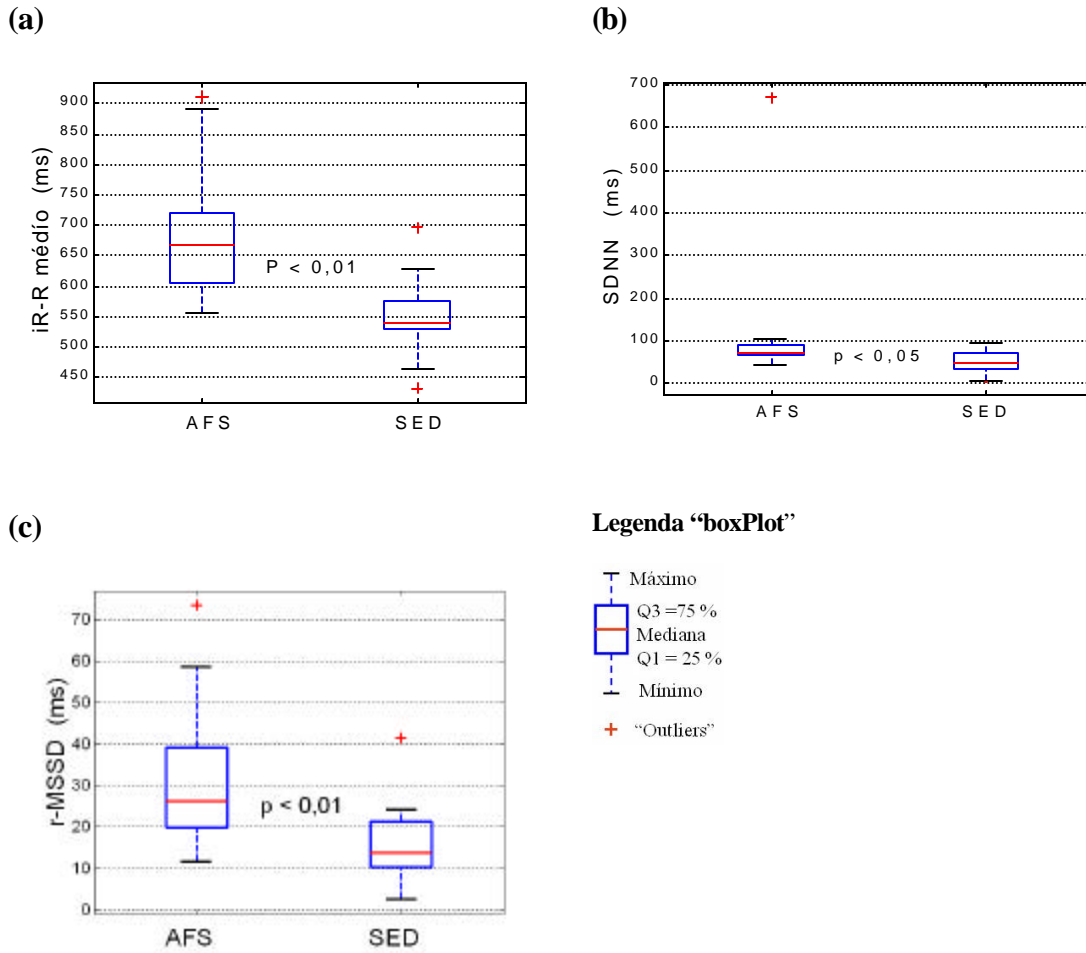
#### 4.6.1.3 Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (r-MSSD)

**Figura 28 (c).** O teste indica que existe diferença entre os grupos AFS e SED ( $p < 0.01$ ). Os grupos assumem valores em intervalos quase que distintos: intervalo para AFS: 12 ms a 59 ms; para o grupo SED: de 3 ms a 25 ms. Tanto no grupo dos atletas como no dos sedentários, existe um “outlier” superior.

A representação gráfica desses valores acima apresentados pode ser comparativamente observada entre os grupos na **Figura 28**, abaixo.



**DADOS DA FASE DO AQUECIMENTO (AQ) – AFS versus SED**  
**- ANÁLISE TEMPORAL -**



**Figura 28** - Valores iRR médios em milissegundos (ms) dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) representados em (a), SDNN (ms) em (b), r-MSSD (ms) em (c), adquiridos durante a fase do aquecimento (AQ) -3 minutos.

## 4.6.2 Resultados da Análise dos índices espectrais na fase de aquecimento (AQ)

### 4.6.2.1 Densidade de potência espectral baixa frequência (PSD LF)

**Figura 29 (a).** Aplicado o teste de comparação, verificou-se que existe diferença estatística entre os grupos ( $p < 0.01$ ).

Os dois grupos apresentam assimetria à direita na distribuição de seus valores. Em ambos, encontramos “outliers”. No grupo dos atletas, verifica-se um ponto aberrante (muito distante dos demais). A amplitude dos valores, para o grupo AFS é de 52 até 365, (e o valor “outlier” é igual a 817) e para o grupo SED é de 9 até 167 (aproximadamente, e o “outlier” é igual a 250).

### 4.6.2.2 Densidade de potência espectral alta frequência (PSD HF)

**Figura 29 (b).** Aplicado o teste de comparação, nota-se que existe diferença estatística entre os grupos, para a variável de alta frequência ( $p < 0.05$ ).

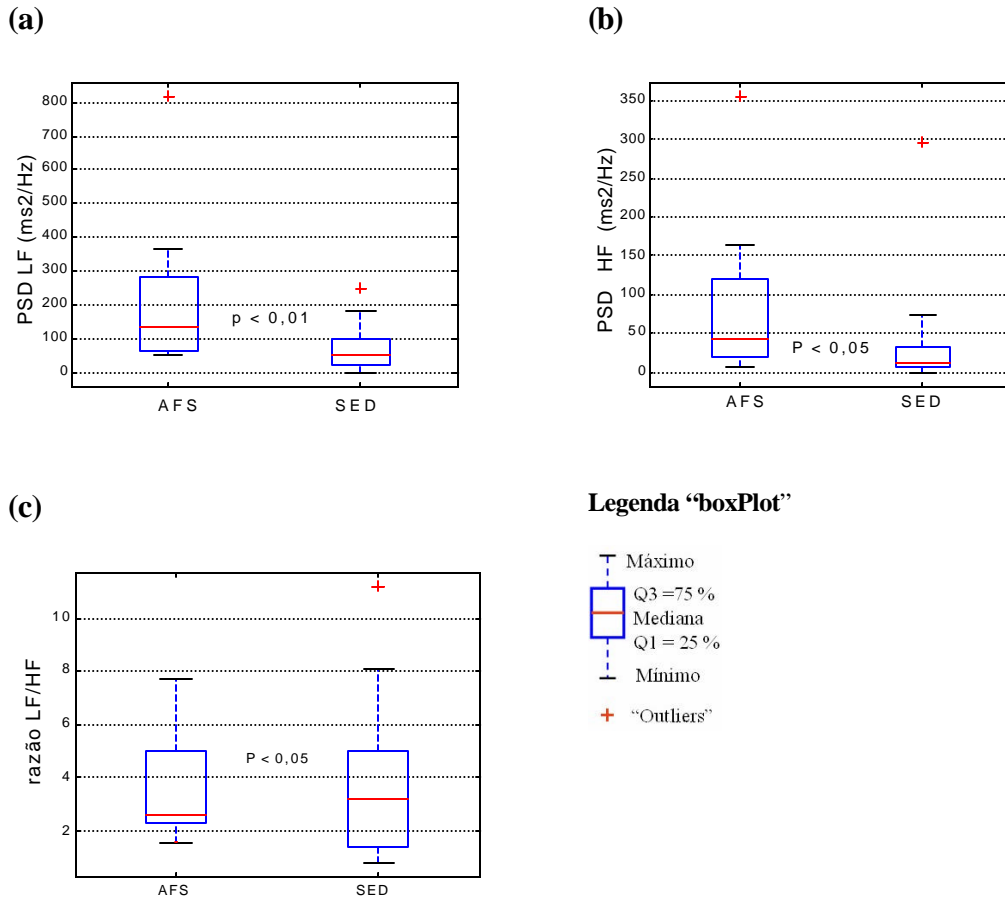
O grupo dos sedentários está bem concentrado nos valores baixos: 50% dos valores são menores do que aproximadamente  $10 \text{ ms}^2/\text{Hz}$ ; enquanto que para o grupo AFS, nota-se uma amplitude de 9 até  $167 \text{ ms}^2/\text{Hz}$ . Na distribuição dos valores da frequência nos sedentários, é possível notar uma leve assimetria à direita e um ponto “outlier” também a direita, que corresponde a  $356 \text{ ms}^2/\text{Hz}$  de frequência.

### 4.6.2.3 Razão baixa frequência para alta frequência (LF/HF)

**Figura 29 (c).** Nota-se que existe diferença estatística entre os grupos ( $p < 0.05$ ). Verifica-se assimetria à direita dos valores da razão (LF/HF) nos dois grupos; no grupo dos sedentários, existe um “outlier”.

O grupo dos sedentários assume valores tanto maiores como menores do que o dos atletas, pouco mais concentrado.

**DADOS FASE DO AQUECIMENTO (AQ) - AFS *versus* SEDENTÁRIO  
- ANÁLISE ESPECTRAL -**



**Figura 29** - Valores absolutos dos componentes de baixa frequência (LF) em (a) e alta frequência em (b) e em milissegundos ao quadrado por Hertz ms<sup>2</sup>/Hz. em (c) razão LF/HF. Frequências obtidas junto aos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) durante a fase de aquecimento (AQ), apresentados de forma comparativa entre os grupos.

**4.6.3 Correlações entre os valores dos índices temporais e espectrais na fase AQ**

Utilizou – se o teste de associação entre duas variáveis, obtidas no AQ junto aos dois grupos, calculando-se a correlação pelo coeficiente de Spearman (r<sub>s</sub>).

As variáveis foram: domínio do tempo (DT) em milissegundos (ms) – intervalo RR médio(iRR médio), Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN) e Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (r-MSSD) com

os do domínio da frequência (DF) em milissegundos ao quadrado por Hertz (ms<sup>2</sup>/Hz) – baixa frequência (LF) e alta frequência (HF).

Os AFS apresentaram significância estatística somente nos iRR médios *vs* LF e HF ( $p < 0,05$ ), r-MSSD *vs* LF ( $p < 0,05$ ) e HF ( $p < 0,01$ ).

Para os SED, as significâncias estatísticas apresentadas foram: iRR médios *vs* LF ( $p < 0,05$ ); SDNN *vs* LF e HF ( $p < 0,05$ ); r-MSSD *vs* LF ( $p < 0,01$ ) e HF ( $p < 0,01$ ). Como se podem observar. (**Tabela 7**) abaixo.

**Tabela 7** - Valores dos Coeficientes de Relações entre as Variáveis, obtidas dos Índices Temporais e Espectrais (Aquecimento).

|                         | ATLETAS<br>$r_s$ | p-valor   | SEDENTÁRIOS<br>$r_s$ | p-valor   |
|-------------------------|------------------|-----------|----------------------|-----------|
| iRR médios <i>vs</i> LF | 0,7747           | 0,0019**  | 0.6099               | 0.0268*   |
| iRR médios <i>vs</i> HF | 0,7088           | 0,0067**  | 0.3791               | 0.2013 NS |
| SDNN <i>vs</i> LF       | 0,1923           | 0,529 NS  | 0.6044               | 0.0286*   |
| SDNN <i>vs</i> HF       | 0,2198           | 0,4706 NS | 0.5495               | 0.0517*   |
| r-MSSD <i>vs</i> LF     | 0.8022           | 0.001**   | 0.8681               | 0.0001*** |
| r-MSSD <i>vs</i> HF     | 0.8516           | 0.0002*** | 0.8681               | 0.0001*** |

$r_s$  = Coeficiente de Correlação de Spearman; \* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ; NS = não significativo.

#### 4.6.4 Resultados da Análise dos índices Temporais obtidos na fase do limiar Ventilatório 1 (LV1)

##### 4.6.4.1 Intervalo RR médio (iRR)

**Figura 30 (a).** Verifica-se pouca diferença na distribuição dos valores, isto é: ambos os grupos têm uma leve assimetria à direita, nenhum dos grupos têm “outlier” e suas amplitudes são equivalentes.

##### 4.6.4.2 Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN)

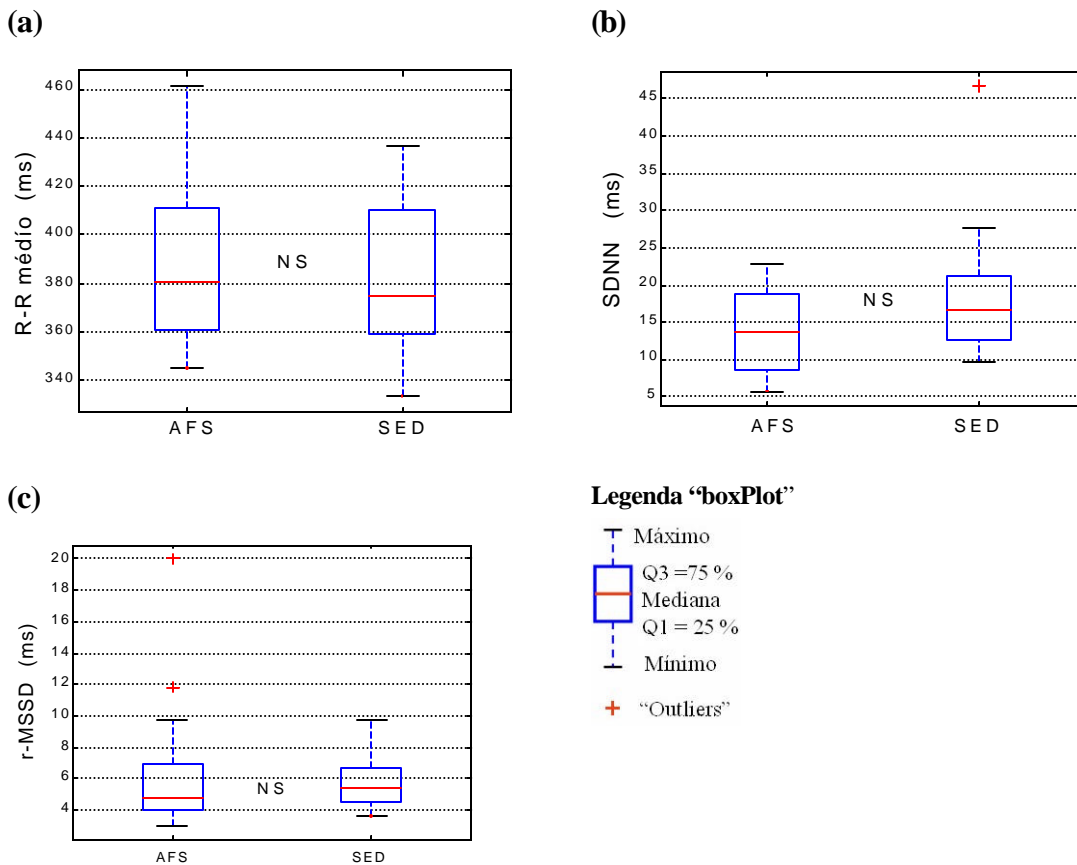
**Figura 30 (b).** O teste indica que não houve diferença entre os grupos AFS e SED ( $p > 0,05$ ). Ambos apresentam um conjunto de valores com distribuição equilibrada. Com valores extremos de 6 e 22 ms para o grupo de atletas, com leve assimetria à direita, (DQ,

5,22 ms). Para o grupo de sedentários, os extremos são 10 e 28 ms. Os SED têm a menor variabilidade em torno da mediana DQ, 4,11 ms (apresenta um “outlier” de 47 ms).

**4.6.4.3 Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (r-MSSD)**

**Figura 30 (c).** O teste também indica que não houve diferença estatística significativa entre os grupos. Nota-se que o grupo dos AFS apresenta 50 % dos valores de entre 2,9 e 5 ms, outros 50% entre 5 e 9 ms apresentando pequeno desvio em torno da mediana (DQ, 1 ms ) para os dois grupos, observados na Figura abaixo

**DADOS DA FASE DO LIMIAR VENTILÁTÓRIO 1 (LV1) – AFS versus SED - ÍNDICES TEMPORAIS -**



**Figura 30 -** Valores iRR médios em milissegundos (ms) dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) representados em (a), SDNN (ms) em (b), rMSSD (ms) em (c), adquiridos durante a fase do limiar ventilatório (LV1).

#### 4.6.5 Análise espectral – limiar ventilatório 1 (LV1)

##### 4.6.5.1 Densidade de potência espectral baixa frequência (PSD LF)

**Figura 31 (a).** No grupo dos atletas, existe uma leve assimetria à esquerda da distribuição dos valores da baixa frequência. Além disso, o intervalo é pequeno: varia de 0,08 a 2,5  $\text{ms}^2/\text{Hz}$  de frequência.

No grupo dos sedentários, existe um valor aberrante. Existe assimetria à direita para a distribuição dos valores da baixa frequência no LV1 para os sedentários. Notamos um maior intervalo para este grupo que varia de 0,7 a 9,2  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ .

##### 4.6.5.2 Densidade de potência espectral alta frequência (PSD HF)

**Figura 31 (b).** Nota-se assimetria à direita para ambos os grupos de atletas.

No grupo dos atletas, encontramos um “outlier”, porém, o mais distante é equivalente a 4,7  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , enquanto que os demais valores da frequência se distribuem de 0 a 1,7  $\text{ms}^2/\text{Hz}$  de frequência na escala ajustada.

No grupo dos sedentários, nota-se a presença de dois “outliers”; que correspondem aos valores 1,7 a 4,2  $\text{ms}^2/\text{Hz}$  de frequência; os demais valores estão em uma pequena variação da escala correspondente de 0,2 a 0,8  $\text{ms}^2/\text{Hz}$  na escala de frequência.

##### 4.6.5.3 Razão baixa frequência para alta frequência (razão LF/HF)

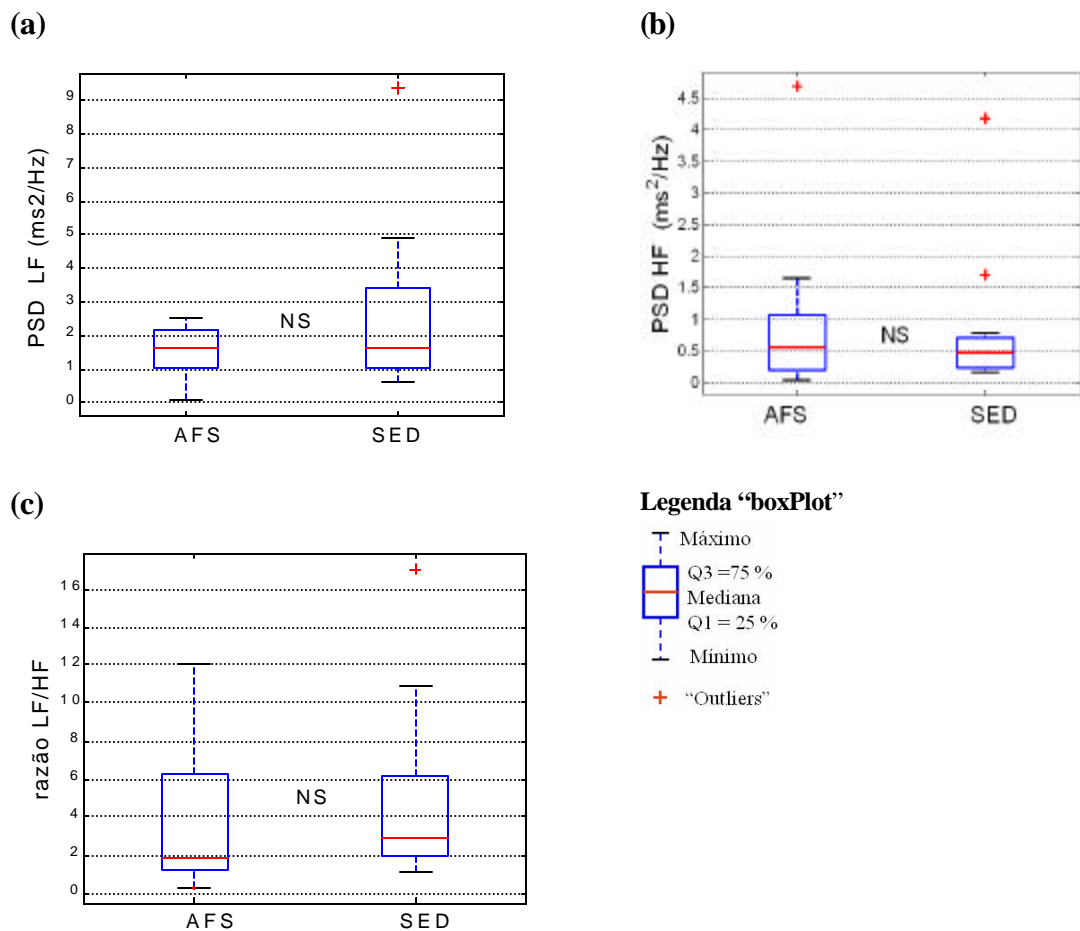
**Figura 31 (c).** Nota-se assimetria à direita para ambos os grupos.

No grupo dos atletas, 50% dos valores da razão LF/HF estão entre 0,2 a 2 e a outra metade de 2 a 12 na escala ajustada para a razão das frequências.

No grupo dos sedentários, existe um “outlier” de valor correspondente a 16,5 na escala. Os valores da razão nos sedentários estão distribuídos da seguinte forma: 50% está entre 1,2 a 2,5 e a outra metade entre 2,5 a 16,5 na escala ajustada para a razão. A variabilidade do grupo SED é um pouco menor do que a do grupo AFS (sem considerar o “outlier”).

O teste de comparação entre os grupos não indicou diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) em nenhum dos índices estudados nesta fase do exercício.

### DADOS DA FASE DO LIMIAR VENTILATÓRIO 1 (LV1) – AFS *versus* SED - ÍNDICES ESPECTRAIS -



**Figura 31** - Valores absolutos dos componentes de baixa frequência (LF) em (a) e alta frequência em (b) em milissegundos ao quadrado por Hertz  $\text{ms}^2/\text{Hz}$ , razão LF/HF em (c). Frequências obtidas junto aos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) durante a fase do limiar anaeróbio (LV1), apresentados de forma comparativa entre os grupos.

#### 4.6.6 Correlações entre os valores dos índices temporais e espectrais na fase do LV1

Correlacionaram-se os valores, obtidos no DT (iRR médio, SDNN e r-MSSD) com os do DF (LF, HF e razão LF/HF).

Os AFS apresentaram significância estatística no iRR médios *vs* LF e HF ( $p < 0,05$ ); r-MSSD *vs* LF ( $p < 0,05$ ) e HF ( $p < 0,01$ ).

Para os SED, as significâncias estatísticas apresentadas foram: iRR médios vs LF ( $p < 0,05$ ); SDNN vs LF e HF ( $p < 0,05$ ); r-MSSD vs LF ( $p < 0,01$ ) e HF ( $p < 0,01$ ), como se podem observar na **Tabela 8**, abaixo.

**Tabela 8** - Valores dos Coeficientes de Relações entre as Variáveis, obtidas dos Índices Temporais e Espectrais (limiar ventilatório1).

|                  | ATLETAS<br>$r_s$ | p Valor   | SEDENTÁRIOS<br>$r_s$ | p Valor   |
|------------------|------------------|-----------|----------------------|-----------|
| iRR médios vs LF | 0.6264           | 0.0219*   | 0.5055               | 0.078 NS  |
| iRR médios vs HF | 0.3187           | 0.2885 NS | 0.4945               | 0.0857 NS |
| SDNN vs LF       | 0.5659           | 0.0437*   | 0.4505               | 0.1222 NS |
| SDNN vs HF       | 0.4121           | 0.0437*   | 0.2912               | 0.3343 NS |
| r-MSSD vs LF     | -0.0440          | 0.8866 NS | 0.033                | 0.9149 NS |
| r-MSSD vs HF     | 0.5769           | 0.0389*   | 0.5549               | 0.0489*   |

$r_s$  = Coeficiente de Correlação de Spearman; \* =  $p < 0,05$ , NS= não significativo.

#### 4.6.7 Análise temporal –pico do esforço (PE)

##### 4.6.7.1 Intervalo RR médio (iRR)

**Figura 32 (a).** Em ambos os grupos, notamos simetria na distribuição dos valores, houve informações significantes ( $p < 0,001$ ). Os sedentários são mais heterogêneos na distribuição dos dados, com valor da amplitude total e inter-quartil 57 % maior que o grupo de atletas.

##### 4.6.7.2 Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN)

**Figura 32 (b).** Aplicado o teste de comparação, nota-se diferença estatística ( $p < 0,001$ ) entre os grupos, também; apresentam assimetria à direita na distribuição de seus valores. Notamos a presença de um “outlier” para o grupo de SED (igual a 35 ms).

Nota-se que o grupo de atletas têm o menor valor do desvio inter-quartil (DQ, 2,37 ms AFS e 4,17 ms SED), ou seja, apresenta pequena dispersão em torno da medida central. Entretanto, apresenta uma variabilidade maior, ao calcularmos o coeficiente de variação do quartil (CVQ igual 30, 87% para os AFS e 25 % para os SED). A causa da maior variação é devida aos 50% dos valores superiores estarem mais dispersos.



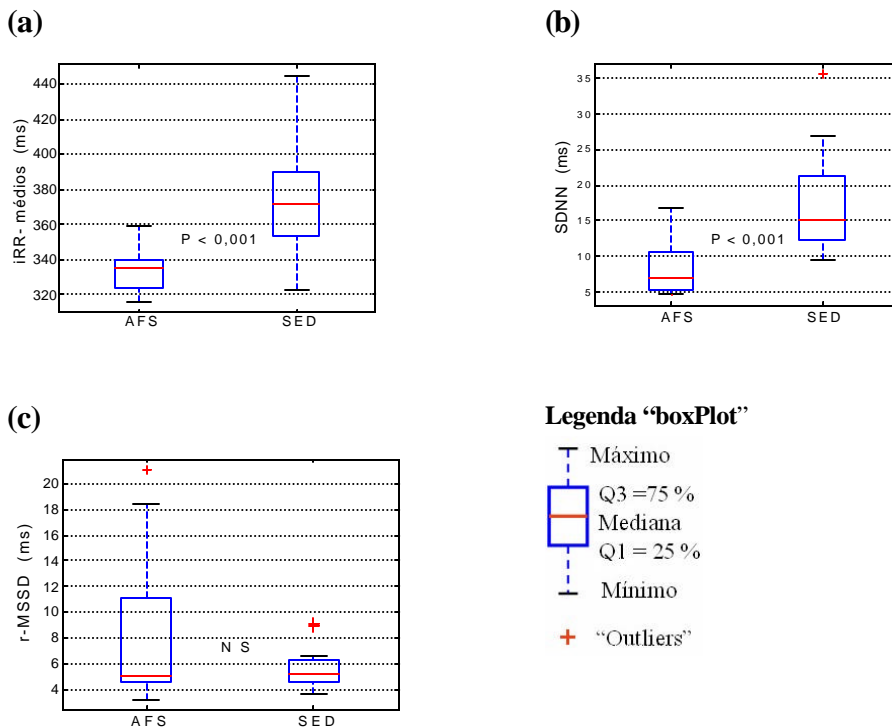
**4.6.7.3 Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (r-MSSD)**

**Figura 32 (c).** Apesar do teste não nos ter dado informações significantes estatisticamente, notamos que, em ambos os grupos, existem “outliers”, correspondetes ao valor máximo.

No grupo de atletas, notamos assimetria para a direita e uma grande amplitude (CVQ igual a 39,70 % - AFS contra 13% - SED) ao compararmos com o grupo de sedentários.

**DADOS DA FASE DO PICO DO ESFORÇO (PE) – AFS versus SED**

**- ÍNDICES TEMPORAIS -**



**Figura 32** - Valores iRR médios em milissegundos (ms) dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) representados em (a), SDNN (ms) em (b), r-MSSD (ms) em (c), adquiridos durante a fase do pico do esforço (PE).

#### 4.6.8 Análise espectral – pico do esforço (PE)

##### 4.6.8.1 Densidade de potência espectral baixa frequência (PSD LF)

**Figura 33 (a).** Houve diferença estatística ( $p < 0,001$ ) entre os grupos. Os atletas são mais homogêneos, em torno da mediana com valor de dispersão (Q igual a 0,23 ms para AFS e de 0,43 ms para SED), Porém, apresentam uma variabilidade bem maior quando se aplica o CVQ (AFS é de 78,80% e para SED igual a 31,23 %), não levando em consideração os dois “outliers” que aparecem no grupo dos sedentários.

##### 4.6.8.2 Densidade de potência espectral alta frequência (PSD HF)

**Figura 33 (b).** Ao comparar esse índice, obtido na condição de final do exercício (PE), verifica-se que não houve diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ). Os atletas apresentaram maior distância entre o 1º e 3º quartis, refletindo na variabilidade dos dados vistos pelo cálculo do coeficiente de variação do quartil (CVQ igual a 74,44 % para o grupo AFS e 32,08 % para o grupo SED).

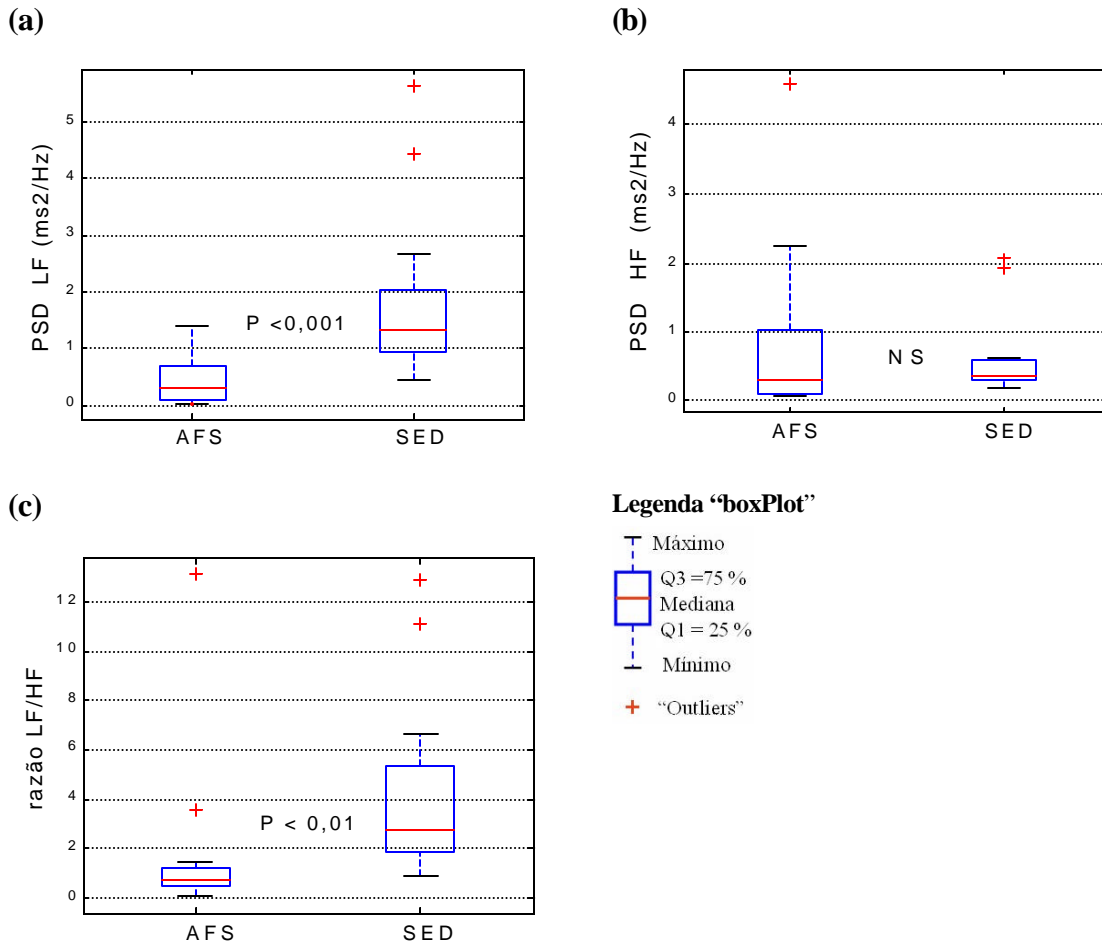
##### 4.6.8.3 Razão baixa frequência para alta frequência (razão LF/HF)

**Figura 33 (c).** Por causa da existência de “outliers” em ambos os grupos é possível notar uma forte assimetria à direita na distribuição dos valores para a razão LF/HF no pico do esforço.

No grupo dos atletas, os valores estão condensados em uma curta amplitude, se não levarmos em conta os “outliers”. 50% dos valores estão entre 0 a 0,8 na escala e a outra metade está entre 0,8 a 11 na escala de razão.

No grupo dos sedentários, verifica-se uma maior amplitude nos valores mais agrupados. A distribuição dos valores está entre 1 a 2.7 na escala que corresponde a 50% deles, e os outros 50% estão entre 2.7 a 13 na escala da razão LF/HF, no pico do esforço. O teste de comparação indica diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $p < 0.01$ ) (pode ser visto graficamente, pela diferença no intervalo para os dois grupos).

**DADOS DA FASE DO PICO DO ESFORÇO (PE) – AFS versus SED  
- ÍNDICES ESPECTRAIS -**



**Figura 33** - Valores absolutos dos componentes de baixa frequência (LF) em (a) e alta frequência em (b) em milissegundos ao quadrado por Hertz  $ms^2/Hz$ , razão LF/HF em (c). Frequências obtidas junto aos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) durante a fase do limiar anaeróbico (PE), apresentados de forma comparativa entre os grupos.

**4.6.9 Correlações entre os valores dos índices temporais e espectrais – no pico do esforço (PE)**

Correlacionaram-se os valores obtidos no DT (iRR médio, SDNN e rMSSD) com os do DF (LF, HF e razão LF/HF).

Os AFS apresentaram significância estatística somente nos iRR médios vs LF e HF ( $p < 0,05$ ), r-MSSD vs LF ( $p < 0,05$ ) e HF ( $p < 0,01$ ).

Para os SED as significâncias estatísticas apresentadas foram: iRR médios vs LF ( $p < 0,05$ ); SDNN vs LF e HF ( $p < 0,05$ ); r-MSSD vs LF ( $p < 0,01$ ) e HF ( $p < 0,01$ ). como se podem observar, na Tabela abaixo.

**Tabela 9** - Valores dos Coeficientes de Relações entre as Variáveis, obtidas dos Índices Temporais e Espectrais da análise Tempo-Frequência (pico do exercício)

|                  | ATLETAS -<br>$r_s$ | p Valor   | SEDENTÁRIOS<br>- $r_s$ | p Valor   |
|------------------|--------------------|-----------|------------------------|-----------|
| iRR médios vs LF | 0.7198             | 0.0055**  | 0.4835                 | 0.0941 NS |
| iRR médios vs HF | -0,0659            | 0.8305 NS | 0.2637                 | 0.3839 NS |
| SDNN vs LF       | 0.6923             | 0.0087**  | 0.4396                 | 0.1328 NS |
| SDNN vs HF       | 0.5714             | 0.0413*   | 0.2692                 | 0.3737 NS |
| r-MSSD vs LF     | 0.4725             | 0.1029 NS | -0,1758                | 0.5656 NS |
| r-MSSD vs HF     | 0.8736             | 0.0001*** | 0,4011                 | 0.1743 NS |

$r_s$  = Coeficiente de Correlação de Spearman; \* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ; NS = não significativo.

#### 4.6.10 Análise temporal – recuperação ativa (RA)

##### 4.6.10.1 Intervalo RR médio (iRR)

**Figura 34 (a).** No índice iRR médio, é possível fazer a verificação das informações, com diferenças significativas ( $p < 0,001$ ). Em ambos os grupos há assimetria à direita.

Os sedentários apresentam maior variabilidade na distribuição dos dados na escala, influenciados pela amplitude, com valor de dispersão em torno da medida central (para o grupo de SED mediana igual a 381, desvio Q 25,81 ms, para o grupo de AFS mediana igual a 325 ms, desvio Q é 8,48 ms). O grupo de AFS apresenta um “outliers” moderado.

##### 4.6.10.2 Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN)

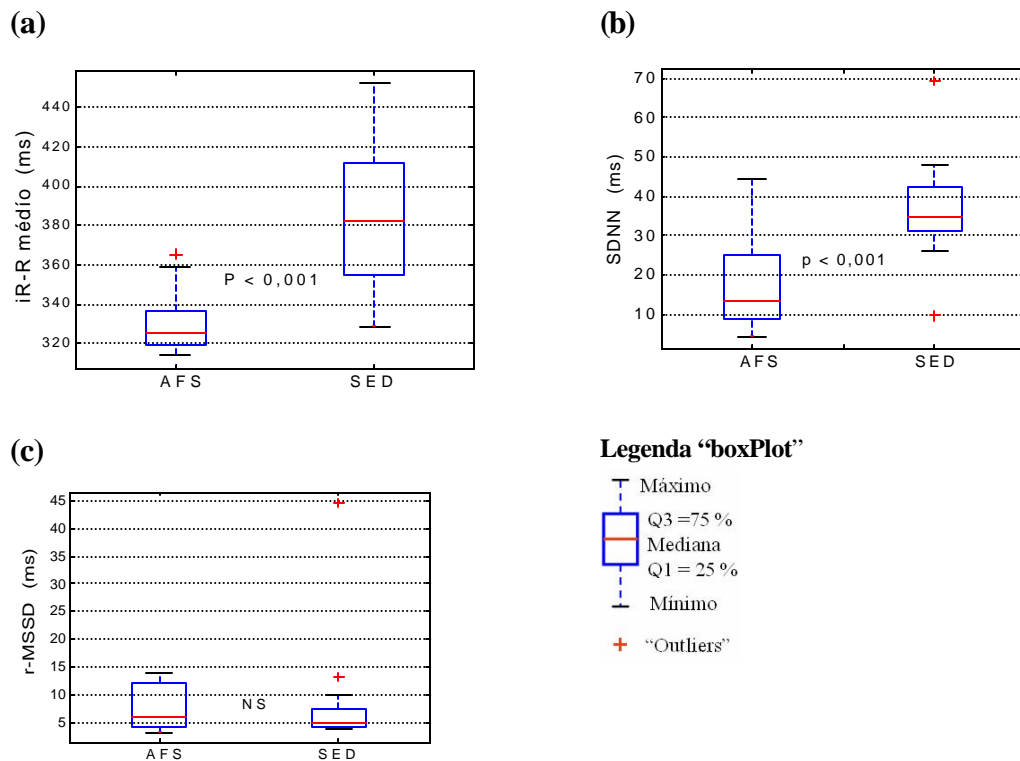
**Figura 34 (b).** As diferenças obtidas no teste de comparação são significantes perante os dois grupos ( $p < 0,001$ ). Nota-se a presença de dois “outliers” severos (inferior e superior) no grupo de sedentários.

Os atletas apresentam distribuição mais heterogênea do que o grupo de SED, representado pelo cálculo do CVQ igual a 47,18 contra 12,55 % (dos sedentários). Devemos observar também que 50 % dos dados do grupo de AFS estão bem mais dispersos que a outra metade.

**4.6.10.3 Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (r-MSSD)**

**Figura 34 (c).** O teste indica que não existe diferença entre os grupos AFS e SED ( $p > 0,05$ ). Os dois grupos apresentam um conjunto de valores mais concentrados na metade (50%) inferior da escala e nota-se maior amplitude para grupo de AFS no outra metade superior. O grupo de sedentários, apresentou dois “outliers”: um moderado e outro severo.

**FASE DA RECUPERAÇÃO ATIVA (RA) – AFS versus SED  
- ÍNDICES TEMPORAIS -**



**Figura 34** - Valores iRR médios em milissegundos (ms) dos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) representados em (a), SDNN (ms) em (b), r-MSSD (ms) em (c), adquiridos durante a fase da recuperação ativa (RA).4.6.11 Análise espectral – recuperação ativa (RA)

#### 4.6.11 Análise espectral – recuperação ativa (RA)

##### 4.6.11.1 Densidade de potência espectral baixa frequência (PSD LF)

**Figura 35 (a).** O teste de comparação não apresentou diferença estatística ( $p > 0,05$ ) em ambos os grupos. Nota-se a presença de um “outlier” severo para o grupo AFS e um moderado para o grupo de SED. O cálculo do coeficiente de variação revelou valores altos para os AFS e SED (CVQ igual 80,91% e 67,03% respectivamente).

##### 4.6.11.2 Densidade de potência espectral alta frequência (PSD HF)

**Figura 35 (b).** Nota-se a presença de “outliers” nos grupos. O teste de significância estatística não apresentou diferença ( $p > 0,05$ ). Os atletas tiveram uma dispersão maior na distribuição dos dados (valores de mediana 0,40 com desvio em torno da mediana (DQ) igual a  $2,65 \text{ ms}^2/\text{Hz}$  e para o SED a mediana é igual 0,65 e DQ é igual 0,79).

##### 4.6.11.3 Razão baixa frequência para alta frequência (razão LF/HF)

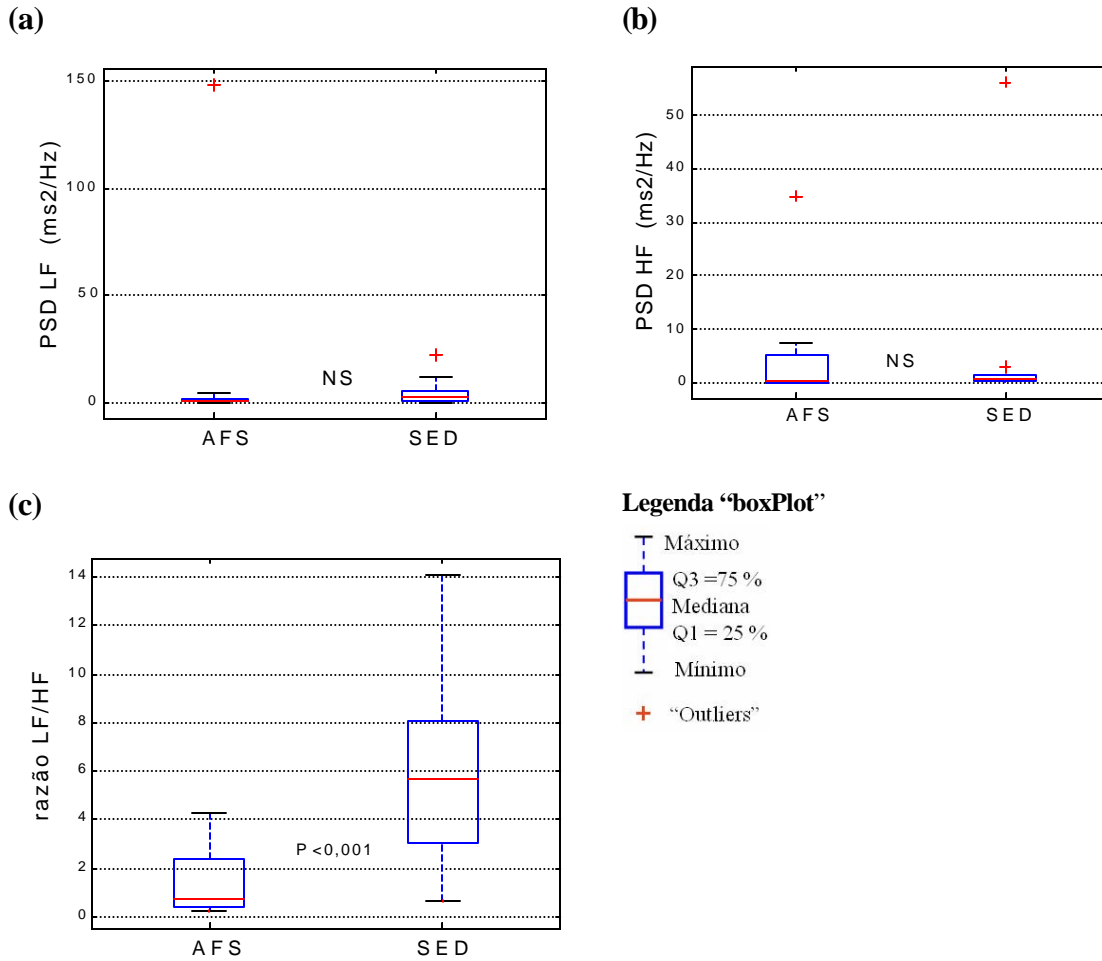
**Figura 35 (c).** Pode-se dizer que existe diferença significativa entre os grupos ( $p < 0,01$ ).

No grupo dos atletas, verifica-se uma assimetria à direita e nota-se menor amplitude dos valores da razão em comparação com o grupo dos sedentários. Essa amplitude corresponde a 4 na escala da razão

Ao contrário do grupo dos atletas, nos sedentários encontra-se uma grande amplitude na distribuição dos valores da razão, em torno de 13,2 na escala ajustada.

Não existe “outlier” na distribuição dos valores na escala da razão.

**FASE DA RECUPERAÇÃO ATIVA (RA) – AFS versus SED**  
**- ÍNDICES ESPECTRAIS -**



**Figura 35** - Valores absolutos dos componentes de baixa frequência (LF) em (a) e alta frequência em (b) em milissegundos ao quadrado por Hertz (ms<sup>2</sup> /Hz), razão LF/HF em (c). Frequências obtidas junto aos atletas de Futsal (AFS) e sedentários (SED) durante a fase do limiar anaeróbio (RA), apresentados de forma comparativa entre os grupos.

#### 4.6.12 Correlações entre os valores dos índices temporais e espectrais – RA

Correlacionaram-se os valores, obtidos no DT (iRR médio, SDNN e r-MSSD) com os do DF (LF, HF e razão LF/HF).

Os AFS apresentaram significância estatística somente nos iRR médios vs LF e HF ( $p < 0,05$ ), r-MSSD vs LF ( $p < 0,05$ ) e HF ( $p < 0,01$ ).

Para os SED as significâncias estatísticas apresentadas foram: iRR médios vs LF ( $p < 0,05$ ); SDNN vs LF e HF ( $p < 0,05$ ); r-MSSD vs LF ( $p < 0,01$ ) e HF ( $p < 0,01$ ). Como se podem observar, **Tabela 10**.

**Tabela 10** - Valores dos Coeficientes de Relações entre as Variáveis, obtidas dos Índices Temporais e Espectrais da análise Tempo-Frequência (recuperação ativa)

|                  | ATLETAS<br>$r_s$ | p Valor   | SEDENTÁRIOS<br>$r_s$ | p Valor   |
|------------------|------------------|-----------|----------------------|-----------|
| iRR médios vs LF | 0.4505           | 0.1222 NS | 0.522                | 0.0672 NS |
| iRR médios vs HF | 0.5165           | 0.0707 NS | 0.4176               | 0.1556 NS |
| SDNN vs LF       | 0.3626           | 0.2232 NS | 0.3901               | 0.1875 NS |
| SDNN vs HF       | 0.1978           | 0.5171 NS | 0.1593               | 0.6031 NS |
| r-MSSD vs LF     | 0.8956           | 0 ***     | 0.2582               | 0.3942 NS |
| r-MSSD vs HF     | 0.8242           | 0.0005*** | 0.7308**             | 0.0045**  |

$r_s$  = Coeficiente de Correlação de Spearman; \* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ; NS = não significativo.

#### 4.7 Análise da variância dos índices temporais e espectrais nas 4 fases do TEFDC-D – atletas (AFS) e sedentários (SED)

##### 4.7.1 Índices temporais - Atletas

Utilizou-se o Teste de Kruskal-Wallis na análise de variância nos índices.

Em nossos achados, a análise temporal trouxe diferenças entre os grupos revelando os maiores valores de iRR médios para os dois grupos comparados às demais fases do exercício estudado. Será utilizada como base de comparação a fase de aquecimento. Mesmo



que tal fase do exercício (AQ) seja considerada leve, a ocorrência desses valores de iRR já pode refletir a resposta do coração ao estímulo promovido pelo SNA e que tem reflexo na maior FC observada em relação a FC de repouso.

#### 4.7.1.1 Intervalo RR médios (iRR)

**Figura 36 (a).** Os iRR médios dos AFS nesta fase, (valores de mediana) foram 43% maiores que o limiar ventilatório1- LV1 ( $p < 0,01$ ); 49,68% maiores do que a fase do pico do esforço –PE e recuperação ativa – RA ( $p < 0,001$ ). A diminuição do iRR manteve-se até o final do exercício; quando comparado o PE com o RA, não apresentou diferença estatística significativa.

#### 4.7.1.2 Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN)

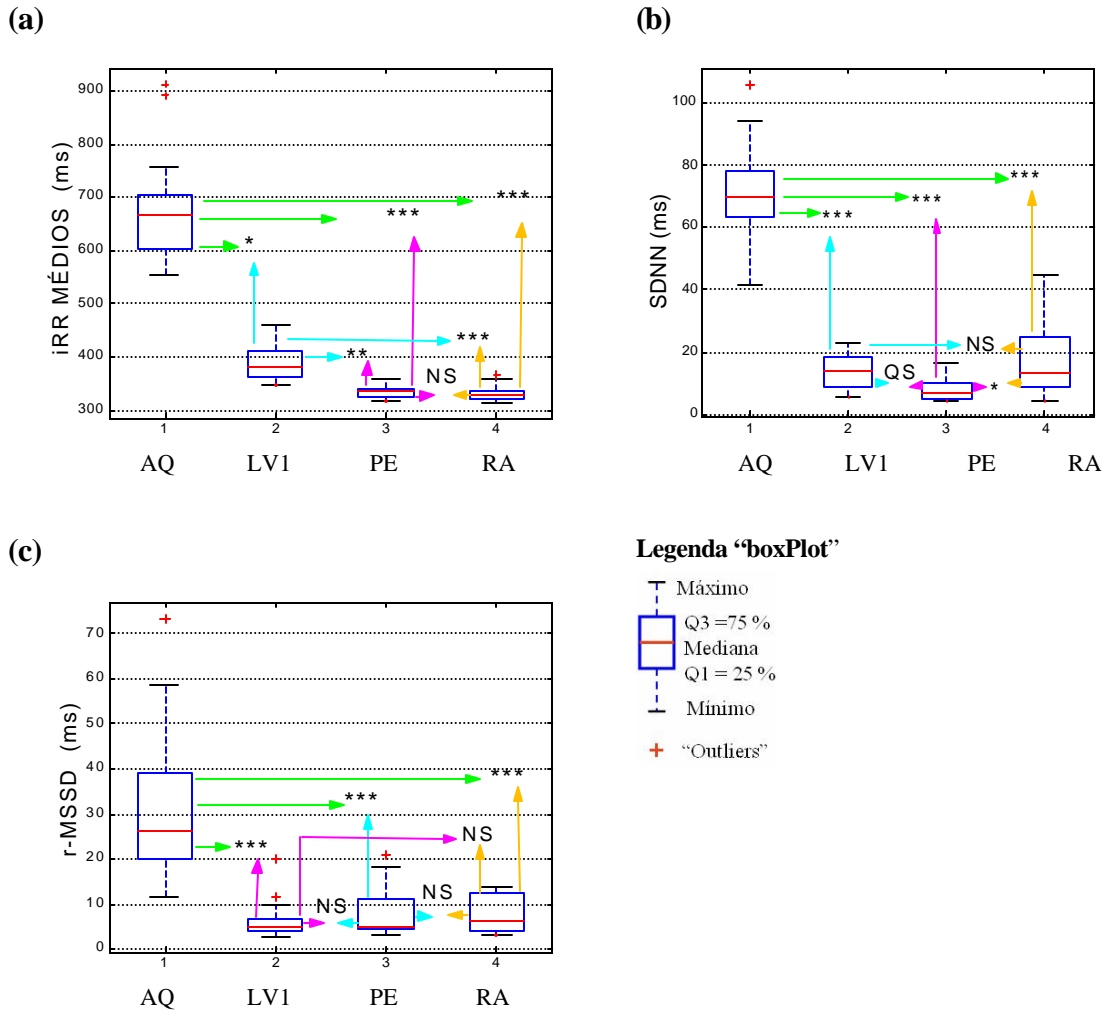
**Figura 36 (b).** SDNN = (dp) reflete todos os componentes cíclicos responsáveis pela variabilidade da frequência cardíaca. Este índice revelou importante diminuição com relação às demais condições funcionais, conferindo, à AQ, a maior VFC obtida no DT. Os SDNN (valores de medianas) dos AFS foram 80% maiores que no LV1 ( $p < 0,001$ ); 90,23% maiores que no PE ( $p < 0,001$ ) e 80,60% maiores que a RA ( $p < 0,01$ ).

#### 4.7.1.3 Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (r-MSSD)

**Figura 36 (c)** r-MSSD, também foram modificados, quando comparados com as demais fases, salientada sua forte relação com a atividade vagal. Os RMSSD dos AFS nesta fase foram 82,14% maiores que no LV1 ( $p < 0,001$ ); 81,07 maiores que o PE ( $p < 0,001$ ) e 76,41 % que o RA ( $p < 0,001$ ).

Nota-se que, a partir do LV1, PE e RA, não houve diferenças significantes. O que deu para notar é que o LV1 apresentou o menor grau de variabilidade em torno da medida central mediana representado em termos absolutos pela medida semi-interquartílica (Q) igual a 1,05 ms contra 7,35 ms do AQ; 3,15 ms do PE e 3,84 ms do RA, que apresentaram uma variabilidade maior em torno da mediana. Em termos relativos, o AQ foi o que apresentou menor variabilidade representada pelo coeficiente de variação quartil (CVQ) igual a 25% contra 31% do LV1; 39,70% do PE e 46,52% do RA.

**DADOS DOS ÍNDICES TEMPORAIS NAS QUATRO FASES DO TEFDC-D  
- ATLETAS-**



**Figura 36** - Análise de variância nas quatro fases do TEFDC-D dos índices iR-R médio em (A), SDNN em (B) e r-MSSD em (C) em milissegundos (ms) dos atletas de Futsal (AFS).

**4.7.2 Índices espectrais - Atletas**

**4.7.2.1 Densidade de potência espectral baixa frequência (PSD LF)**

**Figura 37 (a).** Nota-se que, no AQ, o índice LF apresenta maiores valores de energia na escala (mínimo, 50 e máximo, 350 ms<sup>2</sup>/Hz), revelando diferenças estatísticas significantes em relação às demais fases (P<0,001). Não ocorreram diferenças significativas entre as fases LV1, PE e RA. Observe que a queda de energia foi abrupta, a

partir da fase LV1, mantendo –se até o final do teste, ocorrendo algumas variações em torno da medida central mediana (Md) e seus respectivos desvios inter-quartílicos (DQ). Para o LV1, (Md,1,64 ms<sup>2</sup> [DQ,0,48], PE Md, 0,28 ms<sup>2</sup> [DQ,0,23], RA Md, 0,94 ms<sup>2</sup> [DQ 0,80]) . Ao calcularmos o coeficiente de variação do quartil, notamos que o PE e RA atingiram maiores valores (CVQ, 76,80 % e 80.91 % respectivamente menores para AQ e RA, 59 % e 28 %).

#### 4.7.2.2 Densidade de potência espectral alta frequência (PSD HF)

**Figura 37 (b)** Este índice na fase AQ, alcança valores maiores de potência (amplitude), (AQ Md, 44,72 ms<sup>2</sup> [DQ, 44,22] contra LV1 Md, 0,65 ms<sup>2</sup> [DQ, 0,35] PE Md,0,28 ms<sup>2</sup> [DQ, 0,32] e RA Md, 0,40 [DQ, 2,65]. Aplicado o teste de comparação, nota-se diferença significativa entre as outras fases;  $p < 0,01$  e  $0,001$ ).

Na comparação entre o LV1 vs PE, existe diferença significativa ( $p < 0,05$ ); para a fase LV1 vs RA e PE vs RA não existe diferença significativa ( $p > 0,05$ ). Todos as fases tiveram o CVQ elevados, maior destaque para o RA com 93 %.

#### 4.7.2.3 Razão baixa frequência para alta frequência (razão LF/HF)

**Figura 37 (c)** Nota-se que os 50% dos valores mais baixos da escala para cada fase estão sempre mais concentrados ao se compararem com a outra metade que corresponde aos 50% valores maiores: existe assimetria à direita.

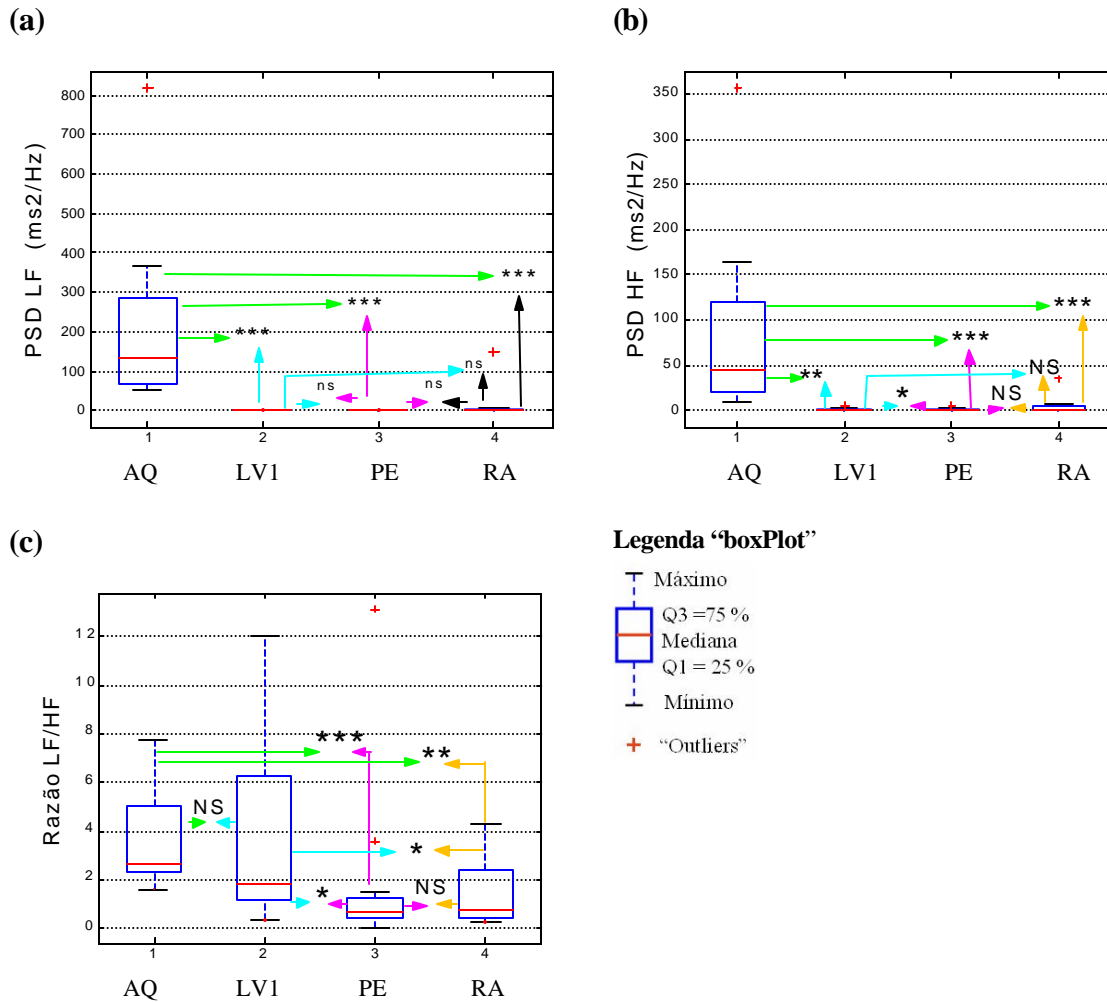
A maior amplitude da distribuição dos valores encontra – se na fase LV1 e a menor na fase PE, isso se os “outliers” existentes na fase PE forem desprezados.

Importante fazer um rastreamento e verificar o porquê desses “outliers”, pois, aparentemente, as distribuições dos valores da razão dos atletas nas quatro fases são equivalentes, porém, com valores distintos entre elas, ou seja, todos os “Box plots” possuem características semelhantes.

Em cada fase, os valores iniciais e finais são distintos: os valores em PE são todos menores do que na fase AQ.

Existe diferença significativa entre as fases AQ e PE e AQ e RA; LV1 e PE, LV1 e RA. Para as fases AQ e LV1 não existe indicação de diferença; também não existe indicação de diferença para as fases PE e RA.

**DADOS DOS ÍNDICES ESPECTRAIS NAS QUATRO FASES DO TEFDC-D  
- ATLETAS -**



**Figura 37** - Representação dos valores de LF em (a), HF em (b) milissegundo ao quadrado por Hertz (ms<sup>2</sup>/Hz) e da razão LF/HF em (c) dos atletas obtidas nas quatro fases do TEFDC-D. Aquecimento (1-AQ); limiar ventilatório (2-LV1), pico do esforço (3-PE) e recuperação ativa (4-RA). As diferenças estatísticas foram representadas da seguinte forma: NS=não significativo; \*=p<0,05=significante; \*\*=p<0,01=muito significante e \*\*\*=p<0,001=extremamente significante.

### 4.7.3 Índices temporais - Sedentários

#### 4.7.3.1 Intervalo RR médio (iRR)

**Figura 38 (a).** Os valores dos SED iRR médios comparados com as demais situações investigadas apresentaram valores significativamente ( $p < 0,001$ ) maiores, ou seja, iRR médios (valor de mediana) 30,55% maiores do que os obtidos no LV1 31,13% maiores do que no PE, e 29,33% maiores do que a RA.

Nota-se que na comparação das outras fases (LV1, PE e RA), não ocorreu diferença estatística ( $p > 0,05$ ).

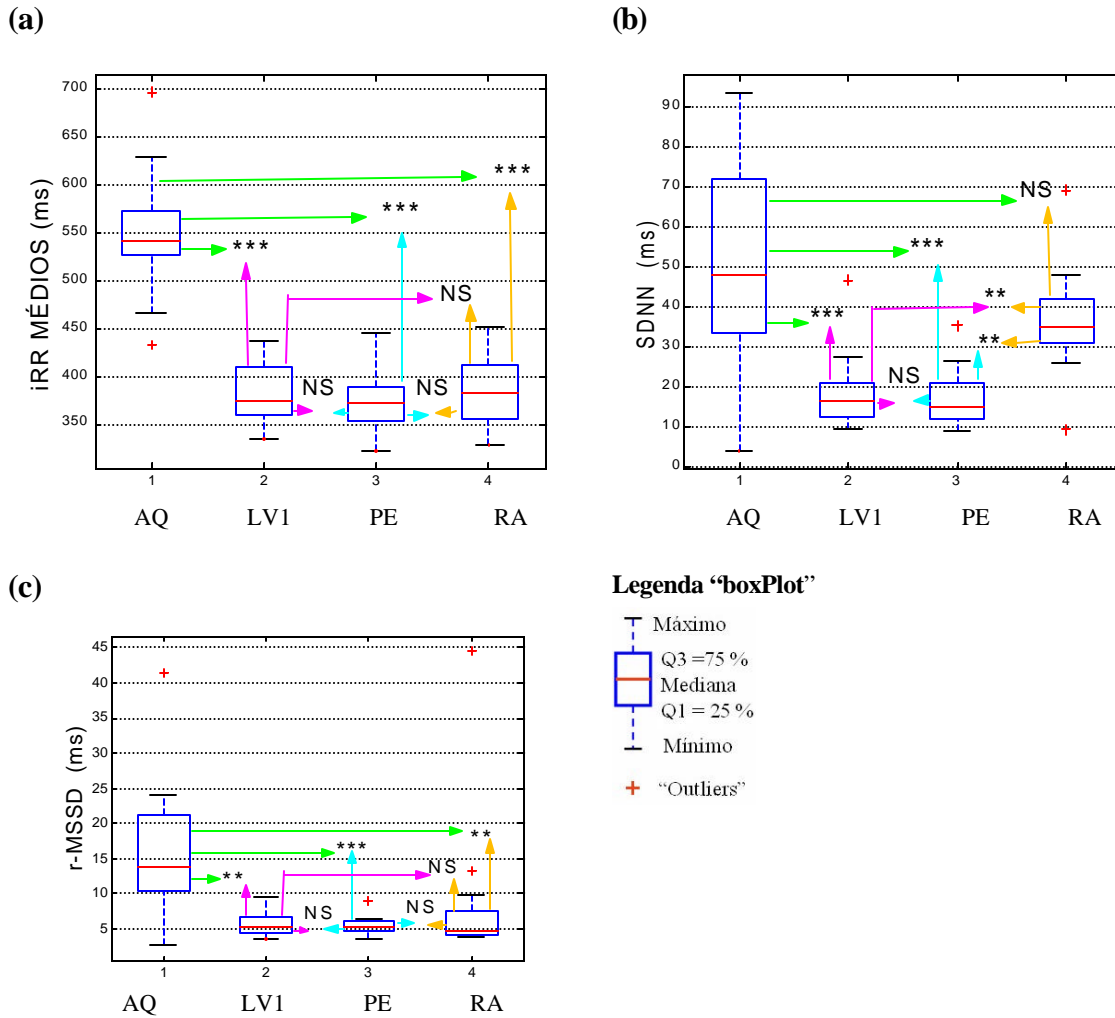
#### 4.7.3.2 Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN)

**Figura 38 (b).** Os SDNN apresentados pelos SED (valores de medianas) durante a fase de aquecimento, foram 65,20% maiores do que no LV1 ( $p < 0,001$ ); 68,67% maiores do que o PE ( $p < 0,001$ ), e 27,20 % maiores do que a RA ( $p > 0,05$ ). Observando os “Box Plots”, nota-se um achatamento dos valores nos momentos mais críticos do teste LV1 e PE, e na seqüência (RA), a retomada dos valores demonstrando VFC. Para os atletas, houve essa ocorrência, mas em pequena magnitude.

#### 4.7.3.3 Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (r-MSSD)

**Figura 38 (c).** r-MSSD desta fase para os sedentários comparados com as demais fases do teste teve seus valores significativamente ( $p < 0,001$ ) maiores, sendo (valor de mediana) 60% maior que na VLI; 62,37% maior que o PE e 64,65% maior que a RA.

**DADOS DOS ÍNDICES TEMPORAIS NAS QUATRO FASES DO TEFDC-D  
- SEDENTÁRIOS -**



**Figura 38** - Análise de variância nas 4 fases do TEFDC-D dos índices iR-R médio em (a), SDNN em (b) e r-MSSD em (c) em milissegundos (ms) dos atletas de Futsal (AFS). As diferenças estatísticas foram representadas da seguinte forma: NS = não significativo; \*\*= $p < 0,01$  = muito significante e \*\*\*= $p < 0,001$  = extremamente significante.

#### 4.7.4 Análise da variância dos índices espectrais - Sedentários

##### 4.7.4.1 Densidade de potência espectral baixa frequência (PSD LF)

**Figura 39 (a).** No AQ o LF destaca-se pela maior amplitude na escala, com diferenças significantes comparadas com outras 3 fases com LV1 e PE, ( $p < 0,001$ ) com RA ( $p < 0,01$ ). Não ocorreu diferença significativa entre LV1, PE e RA ao serem comparados

A componente de baixa frequência apresenta ter mais energia concentrada na fase de AQ. As outras fases apresentam energia próxima de zero. Os valores de mediana e desvio inter-quartilico foram: AQ Md, 133,13 ms<sup>2</sup> [DQ, 34,10], LV1 Md, 1,64 ms<sup>2</sup> [DQ, 0,91], PE Md, 0,28 [DQ,0,43], RA Md, 0,94 [DQ, 0,80]. O LV1 teve o menor CVQ, igual 28.66 %.

##### 4.7.4.2 Densidade de potência espectral alta frequência (PSD HF)

**Figura 39 (b).** Todas as fases tiveram diferenças significativas ao se compararem com a fase AQ ( $p < 0,001$ ). Não ocorreram diferenças significativas nas fases LV1, PE e RA, comparadas entre si. ( $p > 0,05$ ). Os valores de mediana e desvio foram: AQ Md, 12,01ms<sup>2</sup> [DQ, 9,33], LV1 Md, 0,47 ms<sup>2</sup> [DQ, 0,22], PE Md, 0,35 ms<sup>2</sup> [DQ, 0,14], RA Md, 0,66 [DQ, 0,40].

##### 4.7.4.3 Razão baixa frequência para alta frequência (razão LF/HF)

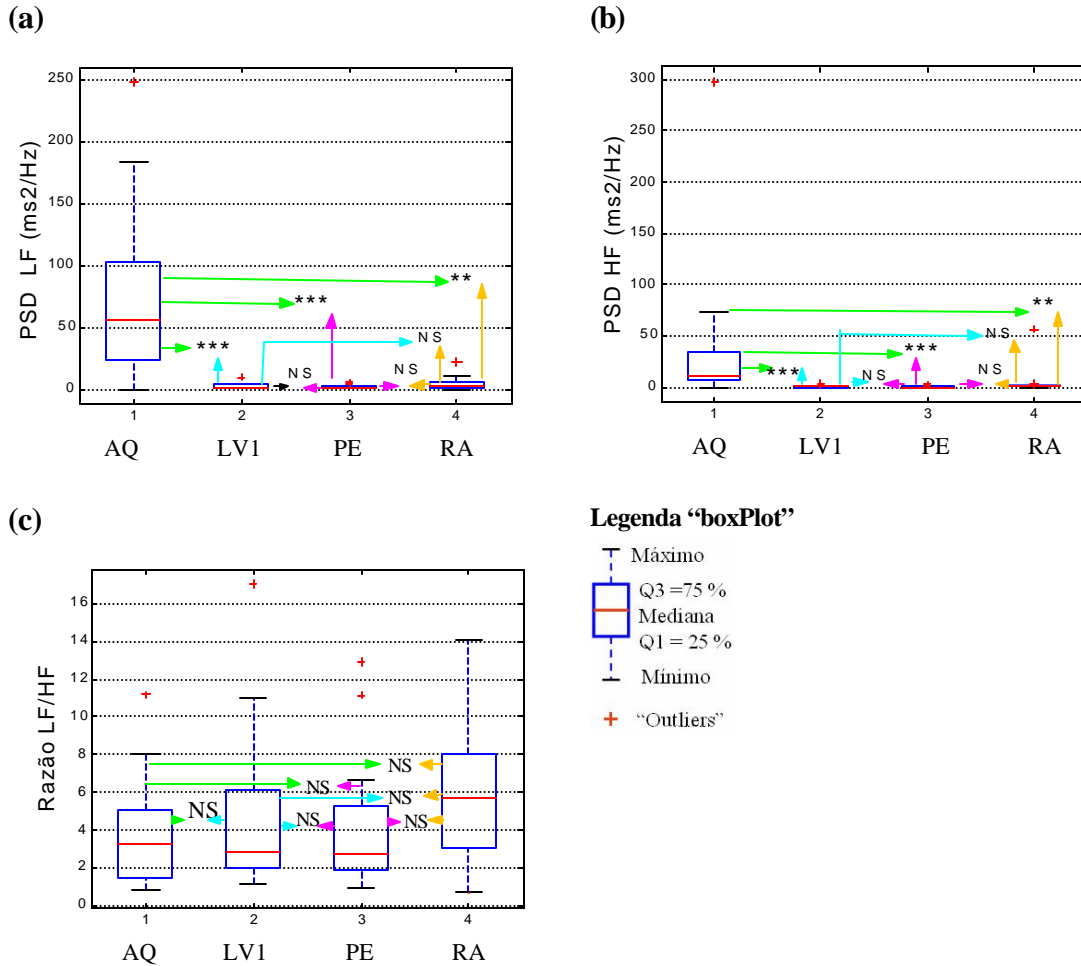
**Figura 39 (c).** Nota-se que existem “outliers” nas três fases; um na fase AQ, outro na fase LV1 e 2 na fase PE. Esses “outliers” são responsáveis pela assimetria à direita. nas quatro fases.

Os valores mínimos são equivalentes entre as quatro fases: porém, com valores superiores distintos e forma da distribuição também distinta.

Na fase RA, existe uma leve assimetria, ou seja, os valores estão distribuídos de forma homogênea.

Nas fases LV1 e PE, os 50% valores menores da razão estão mais concentrados; ao contrário da outra metade em que se encontram mais dispersos. Não existe diferença significativa entre as quatro fases.

**DADOS DOS ÍNDICES ESPECTRAIS NAS QUATRO FASES DO TEFDC-D  
- SEDENTÁRIOS -**



**Figura 39** - Representação dos valores de LF em (a), HF em (b) em milissegundo ao quadrado por Hertz (ms<sup>2</sup>/Hz) e da razão LF/HF em (c) dos sedentários obtidas nas quatro fases do TEFDC-D. Aquecimento (1-AQ); limiar ventilatórioI (2-LV1), pico do esforço (3-PE) e recuperação ativa (4-RA). As diferenças estatísticas foram representas da seguinte forma: NS = não significativo; \*\*=p <0,01=muito significante e \*\*\*=p<0,001=extremamente significante.



#### 4.8 Correlações das capacidades metabólicas *versus* índices temporais e espectrais obtidos no obtidos no LV1 e PE

Utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman ( $r_s$ ). Os valores metabólicos  $VO_2$  em mililitro por quilo por minuto (ml/Kg/min), FC em batimentos por minuto (bpm), VE,  $VO_2$  e  $VCO_2$  em litros por minuto (l/min) com os dos índices temporais (RRi médio, SDNN e r-MSSD) em milissegundo (ms). Os resultados dos atletas e sedentários encontram-se nas tabelas XIII e XIV, Anexo D.

Para grupos de AFS, as variáveis, FC, P, VE,  $VCO_2$  e  $VO_2$  em valores relativos e absolutos tiveram correlação significativa ( $p < 0,05$ ) negativo com o iRR médios na fase do LV1. O SDNN não apresentou correlação significativa com nenhuma variável metabólica estudada.

O grupo de sedentários apresentou correlação significativa ( $p < 0,05$ ) negativa com as variáveis  $VO_2$  rel, P e  $VCO_2$  *versus* iRR médios e FC, P, *versus* SDNN.

Não houve correlação das variáveis metabólicas *versus* r-MSSD na fase do LV1 com nenhum dos grupos. Curiosamente, o valor do ( $r_s$ ) se deu positivo, para as variáveis  $VO_2$ , P, VE, e  $VCO_2$  e valor de ( $r_s$ ) negativo para a FC *versus* o índice r-MSSD no grupo de AFS, e o inverso ocorreu com o grupo de sedentários, tanto no LV1 como no PE.

As correlações das variáveis metabólicas na fase LV1 *versus* índice no domínio da frequência para os AFS foram significantes ( $p < 0,05$ ) negativo na variável Potência *versus* LF e razão LF/HF, variáveis  $VO_2$  e  $VCO_2$  *versus* HF, e  $VO_2$  *versus* HF para o grupo de sedentários.

#### 4.9 Resultado da análise de distribuição tempo-frequência AR.

A análise observacional feita no espectrograma do comportamento das bandas de energia LF e HF ao longo do TEFDC-D de cada voluntário, nos fez chegar aos seguintes fatos:

Para os atletas e sedentários de uma forma geral, as informações que foi possível notar, é que, no início do teste **fase1** (aquecimento - AQ), há atividade autonômica intensa (maior para LF) (**Quadro 1**, Anexo E), no meio, entre 35 a 50 % do esforço físico aproximadamente, **fase2** (limiar ventilatório1 - LV1), praticamente não há potências nessas bandas, diminui abruptamente (maior para LF) (Anexo E); na **fase 3** (pico do exercício -

PE), a potência LF aumenta um pouco nos atletas (mesmo assim com um HF mais variável) e muito nos sedentários (Anexo E). Além, disso, nos sedentários esse aumento de potência na banda LF se dá bem antes que nos atletas, na **fase 4** (recuperação ativa - RA), as potências LF e HF continuam próximo de zero, mas para os atletas o HF aparenta estar mais variável em relação ao LF (Anexo E). Para o grupo controle é notório o domínio do componente LF, (Anexo E). A Figura abaixo mostra o comportamento autonômico de um atleta e de um sedentário durante as quatro fases do exercício físico dinâmico, representados pelos intervalogramas e espectrogramas AR.

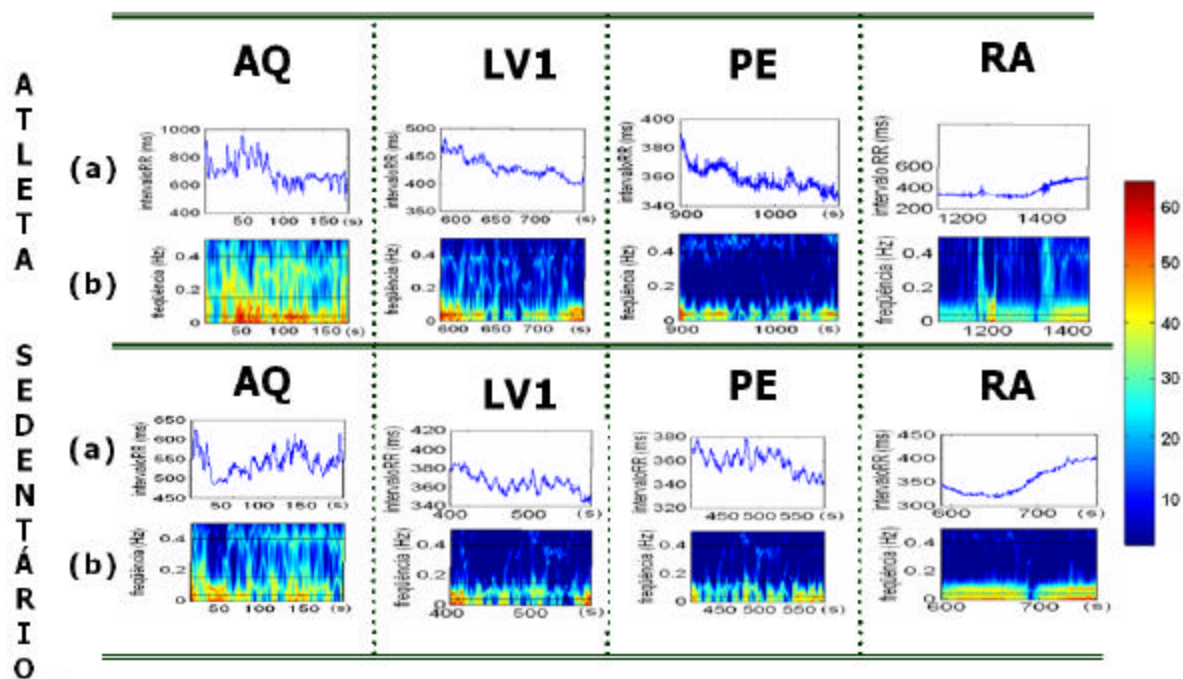


Figura 40 Resultado comparativo dos intervalogramas em (a) e espectrogramas AR em (b) de um atleta e de um sedentário durante as quatro fases do TEFDC-D.

## **5. DISCUSSÃO**

No presente estudo, primeiramente são discutidas as diferenças antropométricas, entre os grupos, o efeito do treinamento aeróbio dos atletas comparados com o grupo controle através dos parâmetros fisiológicos obtidos no LV1 e PE. Secundariamente, uma associação entre as quatro fases (AQ, LV1, PE e RA) obtidos no teste de esforço físico (índices temporais e índices espectrais). Finalmente, a associação dos índices espectrais com a análise subjetiva dos espectrogramas AR, abrindo uma perspectiva moderna no campo de fisiologia de exercício.

### 5.1 Características antropométricas

Estão bem estabelecidas na literatura que as respostas fisiológicas ao exercício físico são dependentes de vários fatores, tais como, características antropométricas, estilo de vida, condição de saúde, entre outros (HICKSON et al., 1985; GALLO et al., 1987; HAYANO et al., 1990; GALLO JR et al., 1990; MOLGAARD et al., 1991; DAVI et al., 1999; CATAI et al., 2002; STOLARZ et al., 2003). Dessa forma, a presente investigação foi conduzida considerando-se a padronização dos fatores acima referidos no sentido de caracterizar a amostra e controlar suas variações em função das interferências nas respostas fisiológicas. Tal procedimento reduz as interferências das variáveis estudadas, permitindo maior confiabilidade na interpretação fisiológica destas.

Para análise da **Tabela 2** observa-se que os atletas apresentaram maiores valores no índice de massa magra absoluta. Esses dados são corroborados com dados da literatura. A variável em questão pode ser justificada pela interferência de vários fatores que, conjuntamente, poderiam atuar nessa relação, tais como, o próprio volume de treinamento, os componentes genéticos, cardiovasculares (FLECK et al., 1988) e musculares (TESCH et al., 2004), característica das respostas endócrinas (KRAEMER et al., 2002), metabólicas (DUDLEY et al., 1991) e de alimentação (ASTRAND;RODAHL, 1987; MCARDLE et al., 1996), etc.

## 5.2 Frequência cardíaca de repouso

A modulação autonômica é o principal mecanismo responsável pelo controle da FC em indivíduos saudáveis. Durante o repouso, tanto as eferências parassimpáticas como as simpáticas estão tonicamente ativas com efeito, predominantemente, vagal. A estimulação das fibras eferentes parassimpática está associada à diminuição dos valores de FC, enquanto a estimulação das fibras eferentes simpáticas esta associada ao aumento deles (SATO et al., 1980; MACIEL et al., 1986).

Em repouso, dois fatores parecem influenciar a FC: o nível de condicionamento dos indivíduos (ROWELL, 1986; LOIMAALA et al., 2000) e a posição de decúbito (PIKKUJÄMSÄ et al., 2001).

Neste estudo, os voluntários do grupo de atletas apresentaram menores valores de FC de repouso em relação aos do grupo de controle, na posição sentada, com diferenças significativas. Estes resultados são concordantes com os documentados na literatura em que indivíduos treinados, principalmente em atividades aeróbias, apresentam bradicardia sinusal em repouso, que pode estar associada a um incremento do volume sistólico (PUIG et al., 1993; SACKNOFF et al., 1994; BONADUCE et al., 1998; RIBEIRO, 1999; KOUIDI et al., 2002) e, principalmente, relacionado à adaptações intrínsecas no sistema de condução elétrica do coração (NEGRÃO et al., 1992; STEIN et al., 2000; 2002).

## 5.3 Limiar ventilatório 1 (LV1)

Os valores absolutos de  $VO_2$  (l/min) e os corrigidos de  $VO_2$  (ml/kg/min) como o da potência no LV1 foram estatisticamente ( $p < 0,01$ ) diferentes entre os dois grupos estudados. Em contraposição, os valores de FC não apresentaram diferenças ( $p > 0,05$ ) estatísticas entre os grupos; mesmo assim, os valores de mediana dos AFS foram menores nos AFS (163 bpm contra 165 bpm dos SED), sem levar em conta que os valores dos limiares dos atletas ocorreram após os dos sedentários, o que reforça a idéia de que a maior capacidade aeróbia tenha sido de maior magnitude no grupo AFS em comparação com o grupo de SED.

Para atingirem maior potência no LV1 (período de transição, após 50% da conclusão) do que o grupo SED, os AFS produziram significativamente ( $p < 0,01$ ) mais  $CO_2$  (2,34 l/min contra 2,02 l/min) e apresentaram maiores valores de VE (71 l/min contra

53,75 l/min), o que era de se esperar, porque o aumento da  $VCO_2$  promove, como resposta fisiológica, a elevação da VE.

O estudo das correlações entre os valores das variáveis no LV1 demonstrou o  $VO_2$  e o  $VCO_2$  como sendo as variáveis que mais influenciaram o comportamento das demais, revelando um auto-valor de correlação positiva, com significâncias estatísticas significativas ( $p < 0,01$ ). Secundariamente, pode-se constatar que tiveram importância, a VE e a potência (P) e esse comportamento deu-se tanto para o grupo de AFS, como para o grupo de SED.

#### 5.4 Pico do esforço (PE)

Num teste de esforço progressivo máximo, o aumento do  $VO_2$ , com a intensidade de exercício, pode apresentar uma estabilização (platô), apesar de um aumento na carga de trabalho. No entanto, isso está intimamente correlacionado à participação do metabolismo anaeróbio. Nesta situação, considera-se que foi alcançado o limite fisiológico do sistema de fornecimento e de utilização de oxigênio máximo ( $VO_{2\text{ max}}$ ), que pode ser definido como a captação máxima (pulmões), transporte (coração e venoso) e utilização do oxigênio dinâmico (principalmente pelos músculos), durante o exercício dinâmico, envolvendo grande massa muscular corporal (ASTRAND;RODAHAL, 1987). A observação deste platô nem sempre é possível em adultos, especialmente idosos, sedentários e doentes, além de ser raramente encontrado em crianças (ROWLAND et al., 1997).

Em nosso estudo, devido à limitação do teste por parte dos sedentários e de alguns atletas, que possa ter sido provocada por fadiga muscular principalmente dos membros inferiores (e não mecanismos hemodinâmicos centrais), utilizamos o termo “ $VO_2$  pico” para os valores mais altos de consumo de oxigênio obtidos durante o TEFDC-D, e por ser também comumente utilizado em outros trabalhos científicos.

Na comparação entre os valores de  $VO_2$  pico, (**Figura 22** -) obtiveram-se diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) entre os grupos, tanto valores relativos ( $VO_2$  ml/kg/min) da variável em questão (AFS = 52 ml/kg/min; SED = 38 ml/kg/min, valores de medianas), assim como os absolutos ( $VO_2$  l/min – AFS = 3,58 l/min; SED = 2,41 l/min valores de mediana). Esses

resultados são concordantes com os obtidos por Barros Neto e colaboradores (2001) que estudaram, além de jogadores de Futsal e sedentários, outras modalidades esportivas.

Não devemos deixar de mencionar que, apesar dos atletas apresentarem o  $VO_2$  pico maior que o dos SED, a distribuição dos valores foi assimétrica à direita, diferente do grupo de sedentários, que apresentaram distribuição simétrica (grupo mais homogêneo). Naturalmente, ocorreu maior dispersão dos valores de  $VO_2$  para os AFS, que está relacionado, além do componente genético, a outros fatores, como, por exemplo, a posição em quadra (jogo). Este fato dos atletas ocuparem posições diferentes na modalidade esportiva Futsal, refletindo diferentes capacidades aeróbias individuais.

Devemos destacar que o menor valor de  $VO_2$  do grupo de AFS foi aproximadamente 10 % maior que os valores máximos para os sedentários.

Esses resultados reforçam a argumentação de que o treinamento realizado objetivando-se a capacidade aeróbia promove melhoras nessa variável (DAVIS et al., 1979; GREGOIRE et al., 1996; CHACON-MIKAHIL et al., 1998).

Outrossim, não ocorreu diferença estatística dos valores de FC pico (**Figura 18 a**) entre os grupos, fato muito freqüente entre indivíduos da mesma faixa etária, já que os valores dessa variável sofrem muita influência do processo de envelhecimento (ASTRAND, RODAHL, 1987; SEALS et al., 1994). Independentemente do tipo de treinamento realizado, a FC pico (entendida aqui como a FC máxima obtida no, pico do esforço), pouco ou nada se modifica, quando se estuda indivíduo da mesma faixa etária (McARDLE et al., 1996; ROWELL, 1997).

A relação entre os valores de potência e FC no esforço físico é de extrema importância na fisiologia do esforço, pois traduz a resposta da FC frente à demanda imposta pelo esforço realizado, expresso pela potência. Pode-se constatar que o grupo AFS com uma FC pico de 185 bpm (valor de mediana), obteve um valor de potência pico de 719,6W (valor de mediana), enquanto os SED, para uma FC pico praticamente semelhante, de 174 bpm (valor de mediana), obtiveram um valor de potência pico de 219,4 W (mediana). Os valores obtidos pelos AFS foram superiores aos dos SED para a maioria dos indivíduos estudados, o que são os mesmos para os indivíduos de capacidade aeróbia, avaliados pelos

valores do limiar ventilatório 1, no grupo AFS. Houve diferença expressiva entre os valores de potência pico, o que poderia ser explicado pelo fato de a força muscular aplicada ter sido maior no grupo AFS, o que permitiria que atletas de Futsal desenvolvessem maior implemento de velocidade na esteira rolante relacionado com as potências mais elevadas, às custas da ativação de fibras musculares anaeróbias. Os elevados valores de VE pico e VCO pico, apresentados pelos AFS em relação ao grupo controle ( $p < 0,01$ ), poderiam dar suporte a essa argumentação.

Os coeficientes de correlação calculados revelaram para os AFS uma significativa correlação ( $p < 0,05$ ) entre a  $VO_2$  x VE ( $r_s = 0,55$ ), altas e significativas correlações ( $p < 0,01$ ) para  $VO_2$  x  $VCO_2$  ( $r_s = 0,72$ ) e VE x  $VCO_2$  ( $r_s = 0,84$ ).

Os SED apresentaram mais correlações com coeficientes altos e significativos ( $p < 0,01$ ), como:  $VO_2$  x P ( $r_s = -0,69$ );  $VO_2$  x VE ( $r_s = 0,69$ );  $VO_2$  x VCO ( $r = 0,80$ ), VE x  $VCO_2$  ( $r = 0,72$ ). Esses valores demonstram no esforço pico, maior interdependência entre as variáveis no grupo SED do que no AFS.

### **5.5 Dispersão das variáveis metabólicas no limiar ventilatório 1 (LV1) e no Pico do esforço.**

Documentaram-se, pois, no pico do esforço respostas das variáveis inversa à condição do LV1 no que se refere à interdependência das variáveis nos SED e AFS. Elas tiveram correlação positiva e significância estatística ( $p < 0,01$ ), destacando-se que os SED apresentavam sempre valores mais baixos ao compararmos com o grupo de AFS.

De todos os resultados no presente estudo, com relação às medidas antropométricas, em situações de repouso e de atividade física dinâmica, pode-se concluir que a interferência da prática da atividade física desenvolvida pelos AFS, com relação ao grupo controle (SED), ficou evidenciada em determinadas medidas das dobras cutâneas, e fisiologicamente, nos menores valores da FC de repouso, na diferença significativa dos valores da distância percorrida (km), velocidade máxima atingida (km/h), potência (P) e de  $VCO_2$  no LV1; além dos maiores valores de Potência,  $VO_2$ , e  $VCO_2$  no pico do esforço.



## **5.6 Variabilidade da frequência cardíaca (VFC)**

### **5.6.1 Análise dos índices temporais e espectrais**

Partindo do pressuposto de que durante o repouso existe um predomínio da atividade parassimpática (TASK FORCE, 1996), e a 70 % da carga máxima existe predominância da atividade simpática (RIBEIRO et al., 1991), delineamos o experimento de forma que a coleta das informações da VFC fosse feita no primeiro instante em que os equipamentos eram ligados.

Com o intuito de observar e comparar posteriormente as importantes modificações metabólicas que, sabidamente, ocorrem nos primeiros minutos para ajustarem os vários sistemas orgânicos a uma nova demanda muscular, optamos por registrar esse período. O sistema nervoso autonômico (SNA), principal responsável pelos vários ajustes, atua sobre o coração, provocando o aumento da frequência cardíaca e o volume sistólico, elevando o débito cardíaco a uma nova condição satisfatória às novas necessidades metabólicas. Tal elevação da FC no exercício físico dinâmico, cuja intensidade seja abaixo do ponto do LV1, deve-se à retirada vagal (ROBNSON et al., 1966, GALLO JR et al., 1988; RIBEIRO et al., 1991), o que promove uma taquicardia rápida atingindo um valor de pico ao redor dos primeiros 10 a 20 segundos (GALLO JR et al., 1995; CHACON-MIKAHIL, 1998); seguida por um platô de estabilização após o primeiro minuto do exercício. Essa resposta, segundo Gallo Jr e colegas (1995), é o único mecanismo responsável pela adequação da FC às necessidades metabólicas nos exercícios dinâmicos que ocorrem em níveis de intensidade abaixo do LV1.

#### **5.6.1.1 Análise temporal na fase do aquecimento (AQ)**

Em nossos achados, a análise temporal na fase do aquecimento (AQ) trouxe diferenças entre os grupos, revelando os maiores valores de iRR médios para os dois grupos, comparados às demais fases do exercício estudado. Mesmo que esta fase do exercício (AQ) seja considerada leve, a ocorrência desses valores de iRR, já podem refletir a resposta do coração ao estímulo promovido pelo SNA acima referido e que têm reflexo na maior FC observada em relação à FC de repouso.

Esse comportamento autonômico cardíaco semelhante entre os grupos, cujas às diferenças estatísticas foram significantes, demonstra na análise no domínio do tempo, que o teste na fase do aquecimento promoveu estímulo ao sistema cardiovascular de ambos os grupos e que estes reagiram diminuindo os iRR médios e a VFC expressa pelo comportamento do SDNN dos iRR médios e r- MSSD. A análise dos resultados no domínio do tempo não permite fazer inferências seguras se o que foi observado deveu-se exclusivamente à diminuição da atuação parassimpática sobre o nodo SA, já caracterizado na literatura, no que se refere às baixas potências utilizadas. Outrossim, apesar da pequena intensidade do esforço realizado pelos sedentários em relação aos atletas ocorreu importante diminuição dos SDNN dos iRR médios observados durante a fase de aquecimento, o que, segundo vários autores (FURLAN et al., 1993; TASK FORCE, 1996), é representativo da atuação simpática, não podendo-se, portanto, descartar a possibilidade de atuação deste ramo do SNA, concomitantemente retirada vagal, no fenômeno observado.

### 5.6.2 Comparação entre os dois grupos (AFS vs SED)

Houve diferenças significantes dos iRR médios nas fases do TEFDC-D entre os grupos estudados, com exceção do LV1, que não apresentou diferenças significantes; porém os AFS tiveram seus valores na escala mais variável que a dos SED, o que dá a conotação de uma boa adaptação cardíaca nesta fase (LV1).

Podemos concluir, que os AFS apresentam melhores adaptações cardiovascular, representado pelo menor número do total de intervalos RR (TiRR) em valores de mediana na fase AQ (AFS, 271 TiRR vs 333 TiRR dos SED –  $p < 0,001$ ), na fase LV1 (AFS 458 iRR vs SED 480 TiRR –  $p > 0,05$ ), na fase PE (AFS 517 TiRR vs SED 483 TiRR –  $p < 0,01$ ), e na fase RA (AFS 480 TiRR vs SED 461 TiRR –  $p > 0,05$ ). Pode ser observado que, nas fases PE e RA os atletas tiveram maior número de TiRR, isso pode ser justificado pelo fato dos AFS terem percorrido uma distância maior conseqüentemente à uma velocidade também maior ( $p < 0,01$ ) (**Figura 18**) e aplicando maior força contrátil visto pela elevação significativa ( $p < 0,01$ ) da potência (W) (**Figura 20 -b** e **Figura 23b**) durante o TEFDC-D, o que significa dizer, em outras palavras, que o grupo de SED aumenta o débito cardíaco (DC).

### **5.6.3 Análise espectral da variabilidade da frequência cardíaca**

A análise dos resultados no DF revelou predomínio da participação simpática nos controles autonômicos cardíacos durante a fase de aquecimento (AQ), porque o componente LF foi significativamente ( $p < 0,01$ ) superior ao componente HF, principalmente para o grupo de sedentários. A partir dessa fase, os valores de PSD LF e HF decaíram drasticamente até o final do exercício em ambos os grupos. Durante o exercício, o uso da análise espectral têm produzido resultados controversos. Usando transformada rápida de Fourier, Arai et al (1989) demonstraram redução rápida de todos os componentes durante o exercício, quando comparados com o repouso. Yamamoto e Hughson (1991b), usando a técnica de análise “coarse-graining spectral analysis”, demonstraram apenas pequenas alterações na razão baixa / alta frequência até a intensidade do primeiro limiar ventilatório.

Ribeiro et al (1991), visando ao bloqueio farmacológico com atropina e propranolol, demonstram que a atividade simpática aumenta até um pouco acima do limiar ventilatório e tende a estabilizar, enquanto a atividade parassimpática continua sendo retirada até o máximo. No entanto, índices no domínio do tempo e da frequência não foram satisfatórios para detectar atividade autonômica do exercício em experimentos com bloqueio farmacológico (POLANCZYK et al., 1998).

### **5.6.4 Comparação dos componentes de baixa frequência (LF) versus alta frequência (HF) nas quatro fases**

Este estudo mostrou uma diminuição esperada da energia espectral global entre AQ versus LV1, PE e RA. Entretanto a energia espectral em LF e HF varia entre as intensidades do exercício (fases), e uma evidência de uma mudança qualitativa no controle cardíaco. É conhecido que, em voluntários saudáveis, todo o componente de energia espectral da VFC diminui quando o a intensidade do exercício aumenta (ARAI et al., 1989; BREUER et. al., 1993; MACOR et al., 1996; COTTIN et al., 1999). Além disso, é reconhecido agora também que a diminuição LF e HF é principalmente à retirada vagal (MACOR et al., 1996; ECKBERG, 1997).

Este estudo confirmou tais resultados com a VFC em LF e HF com diferenças estatisticamente significantes entre a fase AQ *versus* LV1, PE e RA, para os grupos (AFS e SED).

Ao comparar as fases do TEFDC-D (LV1, PE, RA), no AQ, mostrou-se uma importante redução do componente LF em ambos os grupos e essa variabilidade de baixa frequência não foi modificada após o incremento de carga até o final do TEFDC-D. Esse achado não reforça em parte o conceito de que as oscilações de baixa frequência refletem atividade simpática. Fato, constatado por nós pela medida direta durante o exercício progressivo dinâmico pela análise tempo-frequência AR, salientando que, durante o exercício, a frequência cardíaca atingiu valores de 86 % da frequência cardíaca máxima, principalmente para o grupo de AFS, o que corresponde a um estímulo máximo do nó sinusal (RIBEIRO et al., 1991).

Essa redução da VFC durante o exercício dinâmico poderia resultar de um tono simpático elevado que saturaria a capacidade do nodo SA em ser modulado por outros mecanismos fisiológicos mais sutis (MALIK;CAMM, 1995). Alguns autores têm sugerido que ritmo de curta duração tanto de baixa, quanto de alta frequência não resultam apenas de estímulos eferentes simpáticos e parassimpáticos, mas podem ser gerados de interações cardiorespiratórias complexas em níveis centrais e periféricos (MALIK;CAMM, 1995).

Os resultados da comparação entre os componentes LF e HF revelam significativas ( $p < 0,001$ ) diferenças para o grupo de sedentários nas fases AQ, LV1 e PE, com maiores valores para LF em unidades absolutas.

Na fase RA, tendeu a uma maior variação da componente LF, comparado ao HF, mas esta diferença que não foi estatisticamente significativa, o que sugere a elevação da atividade simpática e provável redução da atividade vagal durante o TEFDC-D (LUCINI et al., 1995).

Para os AFS, as diferenças significativas ( $P < 0,01$  e  $0,05$ ) ocorreram no AQ e LV1, maior valores para LF. Por outro lado, para as fases PE e RA não ocorreram diferenças estatísticas na comparação dos componentes (**Figura 37 - a**), no entanto, a componente HF apresentou maior variabilidade nos dados com 5% maior para HF na fase PE e 39 % maior para HF na fase RA em relação ao LF (**Tabela XIV**, Anexo D). Isto leva a crer em uma

maior proteção vagal para o grupo de atletas. Os resultados deixam claros que os valores LF e HF das fases LV1, PE e RA (**Figura 37** - ) foram muito pequenos em relação à fase AQ ( $p < 0,001$ ), que também deixa claro o predomínio da potência LF, nas fases AQ e LV1. Muitos autores descrevem-na como predomínio da estimulação simpática (LONGO, et al., 1995), com aumento nítido dos componentes LF durante o exercício progressivo dinâmico (BARTELS et al., 2003). Em nossos achados, tanto os valores de potências HF como LF vieram a diminuir e de forma abrupta a partir do LV1, enquanto a atividade parassimpática refletida pelo componente HF sendo retirada até quase o máximo, chegando próximo de zero.

Em estudos realizados por Ribeiro et al (1991), os componentes de HF demonstrarem redução adicional após uso de atropina, sugerindo alguma atividade vagal. Alguns componentes de alta frequência foram observados após duplo bloqueio, sugerindo que outros fatores não neurais (aumento da atividade respiratória, alterações metabólicas, etc.) pudessem afetar a frequência cardíaca e sua variabilidade, durante a realização de exercícios físicos, como havia sido proposto por Arai et al (1989), que examinou o espectro da VFC em voluntários normais e pacientes com transplante cardíaco em repouso e mostraram que havia um desaparecimento da VFC comparados com o grupo controle por não haver nenhuma inervação funcional do nodo SA (pós-cirúrgica) (ARAI et al., 1989; BERNARDI et al., 1990). Porém, durante o exercício, a VFC apareceu inesperadamente e foi relacionado ao efeito respiratório, deduzindo que o controle cardiovascular não é o único mecanismo que induz a VFC.

Se tomarmos como parâmetro os períodos do aquecimento (AQ), condição funcional em que ocorreram os maiores valores de potência espectral nas bandas LF HF, em relação às demais fases do TEFDC-D de ambos os grupos e compará-los aos valores de medianas das potências de LF e HF obtidas na fase LV1, pode-se constatar uma significativa diferença entre eles, em ambos os grupos. Por exemplo, para os AFS ocorreu uma diminuição de 98,6% nos valores de medianas dos valores de potências da banda HF ( $44,71 \text{ ms}^2/\text{Hz}$  na fase AQ e  $0,6 \text{ ms}^2/\text{Hz}$  durante a fase LV1), enquanto para os SED foi de 95,83% ( $12 \text{ ms}^2/\text{Hz}$  na fase AQ e  $0,5 \text{ ms}^2/\text{Hz}$  durante a fase do LV1), valores em termos percentuais também encontrados por Paschoal e colaboradores (1996), que realizou o teste com um grupo de atletas e sedentários e comparou com o repouso com o LA.

Essas grandes diferenças entre os valores representativos da atividade vagal sobre o nodo SA, em duas situações bem distintas, refletem a grande extensão da capacidade de influência do sistema nervoso parassimpático sobre o comportamento dos iRR e, obviamente, sobre a FC.

Na potência LF para os AFS ocorreu diminuição de 98,23% nos valores de mediana dos valores da banda LF (113,1 ms<sup>2</sup>/Hz na fase AQ e de 2 ms<sup>2</sup>/Hz na fase LV1), enquanto para os SED, foi de 58,82 % (17 ms<sup>2</sup>/Hz e 7 ms<sup>2</sup>/Hz durante a fase LV1)

Nos - nos limitamos a concluir sobre o comportamento do componente HF para o grupo de sedentários na fase PE, que foi significativamente menor que a LF, talvez devido as possíveis limitações em executar o teste e não atingirem o pico do exercício conseqüentemente não ocorrendo a hiperventilação cardiorespiatória, ficando em desvantagem para uma comparação mais próxima aos do grupo de AFS.

Em conclusão, durante o exercício severo, a presença de uma porcentagem maior mas não significativa de HF (**Figura 33 a**, **Figura 39 b** e **Quadro 3, anexo E**) pode sugerir uma persistência (ou até mesmo um aumento relativo) em atividade vagal cardíaca, realmente, há agora evidências que a respiração não reflita a atividade vagal cardíaca devido a mecanismo não neural presente (ARAI et al, 1989, BERNARDI 1990 et al., COTTIN et al., 2004b). Igualmente, as oscilações dos intervalos RR não refletem o aumento em atividade simpática associada com o exercício: pelo contrario, eles tendem a desaparecer à taxas de trabalho altas quando a atividade adrenérgica é elevada.

### 5.6.5 Razão LF/HF

Foi sugerido que a relação LF para HF reflita o balanço simpático vagal (PAGANI et al., 1986). Este conceito foi discutido amplamente e ainda gera controvérsias (EKBERG, 1997). Entretanto a relação LF/HF foi utilizada neste estudo porque sempre era maior que 1 (2,63) para a fase PE e sempre menor que 1(0,71) para fase AQ, apenas para o grupo de atleta. Essa interrupção gradual da relação LF/HF poderia ser correlacionado quando

passasse do limiar ventilatório<sup>2</sup> e poderia prover um índice fidedigno para descoberta do limiar da VFC. Porém, mais testes de exercícios de resistência são necessários para verificar a utilidade da relação LF/HF como um índice fidedigno para a determinação do limiar ventilatório.

No grupo de SED, a razão LF/HF não apresentou diferenças significantes ( $p > 0,05$ ) do início ao fim do TEFDC-D, mas devemos salientar, que os valores tiveram tendências diferenciadas como, por exemplo, a fase AQ foi 10% maior em valores de mediana que a fase LV1, e PE.

Na comparação entre AQ e fase RA, foi 44 % menor em relação a RA, cujo, os valores inicialmente tiveram uma queda, e no final aumentou um pouco. Onde supostamente ocorreu maior predomínio simpático, se considerarmos o conceito criado por PAGANI et al., (1986).

Para o grupo de atletas, a razão LF/HF tendo como base a fase AQ, houve modificações significativas ( $p < 0,001$  e  $0,01$ ) ao compararmos com PE e RA ( $p < 0,05$ ), ao compararmos LV1 *versus* PE e RA. E ao comparar PE *versus* RA, não encontramos diferenças significantes ( $p > 0,05$ ).

Ao compararmos a razão LF/HF na fase AQ entre AFS e SED encontrados valores menores e significantes ( $p < 0,05$ ) para os atletas, dando a entender maior predomínio simpático para o grupo de SED nesta fase.

Na fase LV1, não ocorreram diferenças significativas, mas aproximadamente 50 % dos atletas tiveram valores da razão LF/HF menores que os SED.

Na fase PE, houve diferenças significantes ( $p < 0,01$ ) com valores na escala maiores para os SED. E finalmente na fase RA, as diferenças foram também significantes ( $p < 0,001$ ) em relação ao grupo de SED.

Alguns estudos mostraram a relação LF/HF aumentar (YAMAMOTO et al., 1991; NAKAMURA et al., 1993; CASADEI et al., 1996; GREGOIRE et al., 1996) durante o exercício, considerando que em alguns outros é diminuído (BREUER et al., 1993). Os resultados controversos podem ser devido a diferenças nas unidades ou nos métodos de análise espectral.

Medida de concentração sanguínea de noradrenalina não têm apoiado o conceito de que a razão baixa frequência /alta frequência possa servir como índice de atividade simpática quando a intensidade supera o primeiro limiar ventilatório (LV1) (BREUER et al., 1993). Componentes espectrais também têm sido quantificados em unidades normalizadas (percentual do espectro total) para expressar (justificar) alterações nas atividades simpato-vagal durante o exercício (PAGANI, et al., 1995; PERINI et al., 2003, PRADO, et. al., 2004). Casadei e colaboradores (1995) mostraram claramente que as mudanças do poder LF e HF durante o exercício é independente da unidade de medidas normalizadas.

Para os AFS houve mudanças na razão LF/HF. Com base neste achado fica difícil apoiar o conceito da razão LF/HF poderia ser usado para avaliar o tono simpático, como havia sido proposto por Rimoldi et al. (1990) e Yamamoto et al. (1991).

Conclui-se que pela redução espectral do exercício, pequenas alterações em valores absolutos podem influenciar valores relativos. Portanto, não está claro se os resultados devem-se a diferenças no delineamento do estudo e aspectos metodológicos, ou se as oscilações dos intervalos RR não podem ser utilizados para avaliar a influencia autonômica durante o exercício.

A Relação aos componentes espectrais LF/HF do iRR, estes diminuíram com carga crescente de esforço físico, considerando que atividade simpatizante cardiovascular é conhecida para aumentar.

Neste estudo, a razão LF/HF para os atletas foi o único parâmetro espectral que mostrou diferenças significativas entre as fases, o que não ocorreu com o grupo de sedentários. Esperava-se predominância da atividade simpática na VFC.

Sugeriu-se possibilidade de uma predominância da atividade simpática na VFC no grupo de atletas. Entretanto não constatamos um aumento nos valores absolutos do índice LF nas fases estudadas, sugerindo uma queda mais abruptada do índice HF, quando comparado com o índice LF com o decorrer do TEFDC-D.



A participação da modulação autonômica no comportamento não linear da frequência cardíaca já foi estudada por outros autores. Hagerman et al. (1996) utilizou o coeficiente de Lyapunov para estudar o comportamento da VFC em repouso, e sob bloqueio autonômico parcial e total e durante o exercício. A eliminação da modulação autonômica através do duplo bloqueio, e a redução do tono vagal com aumento da atividade simpática durante o exercício não elimina o comportamento caótico do sistema, traduzido por valores do coeficiente de Lyapunov ainda acima de zero. Os achados sugerem que o vago e o simpático modula parte do comportamento, mas não são os únicos responsáveis por ele.

Uma das limitações na interpretação a VFC pela metodologia utilizada em nosso estudo é não dispormos de um marcador específico da atividade simpática (Ribeiro, 1999), dificultando o conhecimento das mudanças que possam ocorrer sobre o sistema nervoso simpático e parassimpático de uma forma individualizada. Como de uma forma geral a maioria dos índices correlaciona-se com o tono parassimpático e a elevação da razão LF/HF com o tono simpático, como foram propostos por Rimoldi et al (1990) e Yamamoto et al (1991).

### **5.6.6 Correlação dos índices temporais *versus* índices espectrais.**

#### **5.6.6.1 iRR médios *versus* LF e HF e razão LF/HF nas 4 fases do TEFDC-D.**

As correlações entre as variáveis nos DT e DF revelam resultados estatísticos significantes para o grupo de AFS, tendo os iRR médios *versus* LF na fase: AQ ( $r_s = 0,77$ ;  $p < 0,01$ ), LV1 ( $r_s = 0,63$ ,  $p < 0,05$ ); PE ( $r_s = 0,72$ ,  $p < 0,01$ ). Os SED apresentaram significativa correlação positiva apenas na fase AQ ( $r_s = 0,61$ ,  $p < 0,05$ ). Para ambos os grupos, não ocorreu o que se esperava, ou seja, quando ocorre diminuição dos intervalos RR médios, há elevação proporcional do componente simpático atuante sobre o coração representado pela potência LF e vice-versa (correlação negativa).

Para as variáveis iRR médios *versus* HF, as correlações significantes estatisticamente ocorreram somente para os AFS na fase AQ ( $r_s = 0,71$ ,  $p < 0,01$ ) iRR médios foram maiores quando foi maior a influencia parassimpática representado pelo componente HF em valores absolutos.

### **5.6.6.2 Desvio-padrão de todos os intervalos R-R (SDNN) vs alta e baixa frequência (HF e LF)**

Observou-se que somente os AFS apresentaram resultados significantes ( $p < 0,05$ ) obtidos da correlação entre o SDNN com os componentes HF apenas na fase PE ( $r_s = 0,57$ ), revelando que o aumento dos SDNN em parte deveu-se à influência parassimpática; por outro lado, ocorreu correlação positiva significativa ( $r_s = 0,57$ ,  $p < 0,05$  e  $r_s = 0,70$ ,  $p < 0,01$ ) nas fases LV1 e PE, entre o componente LF e os SDNN dos RR médios somente para o grupo AFS. Neste caso não podemos sugerir o aumento da atividade simpática cujo, o SDNN foi diminuindo proporcionalmente ao componente LF que, por sua vez deveria aumentar nessa fase (correlação negativa) fato que não aconteceu.

Essa argumentação deveria ganhar sustentação quando se discutia o valor do coeficiente obtido da correlação entre os iRR médios e a razão LF/HF, o qual foi significativamente ( $p < 0,05$ ) positivo ( $r_s = 0,56$  PE) e ( $r_s = 0,58$  RA) do grupo de AFS e SED respectivamente. Esses resultados não revelaram que o marcador balanço-simpático expresso pela razão LF/HF têm maiores valores quando os iRR médios são menores, não reforçando a interpretação de que a elevação seja decorrente da diminuição do tono vagal e aumento do tono simpático para ambos os grupos.

### **5.6.6.3 Raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R normais adjacentes (R-MSSD) vs alta e baixa frequência e razão LF/HF**

Segundo Ribeiro et al (1991) o R-MSSD é o índice que apresenta melhor correlação com componentes entre 0,15 e 0,4 Hz, traduzindo melhor a modulação vagal (EWING et al., 1984; VYBIRAL et al., 1990; BIGGIER et al., 1992). Em nossos achados, a correlação do índice r-MSSD ( $p < 0,001$ ) positivas nas fases: AQ (AFS e SED) e RA (AFS). Por outro lado, o rMSSD *versus* HF apresentou correlação significativa ( $p < 0,001$ ) positiva em todas as fases do TEFDC do grupo de AFS.

Os sedentários obtiveram significativa correlação positiva ( $p < 0,01$ ) nas fases: AQ, LV1 e RA.

A correlação do índice  $r$ -MSSD *versus* razão LF/HF apresentou significância ( $p < 0,05$ ) negativa ( $r_s = -0,55$  e  $r_s = -0,61$ ) nas fases: AQ e LV1 apenas para o grupo de AFS.

Torna-se difícil uma justificativa plausível para os resultados obtidos com os AFS e SED durante o TEFDC-D, pois, se ocorreu correlação positiva significativa entre, por exemplo, o aumento dos iRR médios com a suposta maior participação simpática, possivelmente seja devida aos componentes vagais presentes na banda LF (AKSELROD, 1981; APPEL et al., 1989), sendo eles os responsáveis pela ativação do pico de potência espectral nessa banda, sabidamente relativa ao tono simpático (RIMOLDI et al., 1990; HAYANO et al., 1990; PASCHOAL et al., 1996). Se isso realmente aconteceu com os grupos durante as fases AQ (AFS e SED) e LV1 e PE (AFS) na correlação feita com os iRR médios *versus* componente LF, o que poderia explicar o resultado das demais correlações.

De uma forma geral, todos os índices temporais se correlacionam com os componentes de alta frequência, mas não permitem distinguir quando as alterações da VFC são derivadas a um aumento do tônus simpático ou a uma retirada do tônus vagal. As razões e os significados fisiológicos ainda não são conhecidos e necessitariam de novas investigações neste sentido.

### 5.7 Análise de distribuição tempo-frequência AR

Verificamos em nosso estudo, pela análise visual, através dos espectrogramas (Anexo E), que o padrão de comportamento dos componentes de energia LF e HF, nos diferentes níveis de esforço estudado foi semelhante ao descrito na literatura por alguns autores (RIBEIRO, 1991; COTTIN et al., 2002; PERINI; VEICSTEINAS, 2003), ou seja, para os atletas e sedentários de uma forma geral, no início do teste (AQ), há atividade autonômica intensa (**Quadro 1** e **Quadro 5** Anexo E) maior para LF, cujo comportamento pode ser atribuído à diminuição da estimulação parassimpática (retirada vagal) sobre o nódulo sino atrial. No meio do teste (LV1), nota-se uma grande diminuição (queda abrupta) de energia LF e HF, na fase PE e RA. a potência LF aumenta um pouco para os sedentários e diminui para os atletas.

Para Perini e Veicsteinas, 2003 que a mudança do componente LF observada de media à alta intensidade de exercício pode ser a expressão das modificações nos mecanismos de controle da pressão arterial (barorreflexo) que acontecem com o exercício.

Ao analisarmos de forma visual os intervalogramas (dados do intervalo RR durante as fase do teste) e compararmos com o espectrogramas na fase PE e fase RA, notamos que, apesar da quebra da linearidade (inflexão para cima) da frequência cardíaca, representada pelo iRR (aumento da VFC, obviamente decréscimo da FC) cujo comportamento é considerado por vários autores como decorrente da retomada imediata da atividade vagal (MACIEL et al.,1985; GALLO JR et al., 1988; CATAI et al., 2002), nossos achados vão de encontro ao conceito acima, fato visto ao observarmos os espectrogramas (**Quadro 4**, Anexo E) e no qual não vimos a retomada da atividade vagal retornando de forma significativa durante a fase RA que teve duração de 3 minutos. Para o grupo de sedentários, além de não observarmos esse aumento, vimos um aumento maior da atividade simpática representada pela componente LF (frequências de 0,04 a 0,15).

O presente estudo corrobora que três minutos de recuperação ativa (RA) não são suficientes para observar a retomada da atividade vagal de forma significativa após exercício severo tanto para atletas jovens de Futsal como para os sedentários da mesma faixa etária.

Recuperação atrasada da FC depois do exercício máximo ou sub-máximo é um preditor poderoso de mortalidade global entre dados baseados em populações (COLE et al., 1999; 2000; NISSINEN et al., 2003). Por outro lado, dados experimentais mostraram que a ativação vagal impede a fibrilação ventricular isquêmica induzida (SCHWARTZ et al., 1984, VANOLI et al., 1991), e que o treinamento físico confere antecipadamente a proteção contra morte súbta intensificando a função vagal cardiovascular (HULL et al., 1991) A recuperação da regulação autonômica a curto-prazo pode acontecer dentro de alguns minutos (10-20min) nos exercícios máximos ou sub-máximos (ARAI et al., 1989; PERINI et al., 1990; KANNANKERIL;GOLDENBERGER, 2002). O efeito parassimpático na recuperação pós-exercício, foi considerado como o mecanismo subjacente (ARAI et al., 1989; PERINI et al., 1990; SUGAWARA et al., 2001; KANNANKERIL;GOLDENBERGER, 2002)

Estudos anteriores mostraram que a função sistólica ventricular esquerda e os padrões cardíacos “filling” foram alterados por um longo tempo depois de exercícios exaustivos prolongados (NIEMELÄ et al., 1984; DOUGLAS et al., 1987). Mais esforços da atividade simpática talvez seriam necessários para compensar o desempenho cardíaco reduzido, para manter o efetivo rendimento cardíaco e para ativar fluxo de sangue suficiente. Depois da restauração das funções hemodinâmicas e cardíaca ao nível normal, a energia simpática diminui gradativamente o domínio vagal retorna. Isso é também evidente que estas respostas autonômicas compensatórias são protetoras durante a fase de recuperação da homeostasia cardiovascular normal depois do exercício exaustivo.

Variadas variações inter-individuais foram observadas no tempo de recuperação do reduzido fluxo vagal: os pacientes com melhor aptidão cardiorespiratória mostraram recuperação mais rápida da função autonômica alterada do que naqueles com fraca aptidão.

É amplamente aceito que a boa aptidão física e os treinamentos com exercícios físicos regulares induzem adaptação do sistema nervoso autônomo, que é mais comumente observado na forma de um declínio na FC basal. É admitido que o tono vagal cardíaco aumenta em indivíduos bem treinados aos comparados aqueles não treinados (GOLDSMITH et al., 1992; DE MEERSMAN 1993; DAVY et al., 1997; TULLPO et al., 1998b; AUBERT et al., 2001; UENO et al 2002; RENNE et al., 2003). Estudos anteriores confirmaram que a regulação vagal da FC foi mais eficiente em pacientes com melhor capacidade física (TULLPO et al., 1998b).

A limitação desse experimento foi de se observar um período de apenas três minutos de recuperação, o que nos impediu de podermos comparar com a literatura presente. Por outro lado, fizemos outras observações em nosso laboratório com um período maior (aproximadamente 30 minutos) de recuperação após o exercício intenso e pudemos observar e confirmar a importância da aptidão cardiovascular na regulação autonômica significando que a cadencia gradativa de recuperação da regulação autonômica, alterada depois do exercício intenso está também relacionada à aptidão física individual.

## 5.8 Considerações finais

Os estudos de Rochelle et al (1992) demonstraram que indivíduos com capacidade física regular obtiveram HF 4,2 maiores que os indivíduos sem atividade física regular. Valores semelhantes também foram encontrados em nossos estudos HF 3,8 maiores que o grupo de SED, entretanto. Essas diferenças de valores foram projetadas apenas na fase do aquecimento do TEFDC-D.

Sacknoff et al (1994) estudaram em um grupo de 30 indivíduos, 18 controles e 12 atletas e verificaram uma frequência cardíaca significativamente menor e índices da atividade parassimpática no domínio do tempo maiores em atletas.

Outros autores (STEIN et al., 1999) demonstraram um aumento da VFC e diminuição da FC em indivíduos com melhor capacidade física, entretanto nenhum estudo relatou a influência da frequência cardíaca nesses resultados.

Normalmente o indivíduo que se prontifica a iniciar um programa de exercícios físicos aeróbios regulares costuma também mudar seus hábitos alimentares e ingestão de álcool; diminui uso de cigarros ou opta pelo abandono total; altera o sono entre outros hábitos. Por isso, talvez, o exercício físico levado ao aumento da capacidade física, seja um dos poucos fatores capazes de modificar a modulação do sistema nervoso autônomo no coração, com conseqüentes modificações nos valores da VFC, como observado em outras publicações, onde foi possível aumentar a VFC e conseqüentemente, diminuir a mortalidade cardiovascular, com uso de beta-bloqueador no pós-infarto agudo do miocárdio (SANDRONE et al., 1994; YUSEF et al., 2000), uso de inibidores de enzima de conversão na insuficiência cardíaca (SLOVD, 1991; BINKLEY et al., 1993) e a abandono do hábito de fumar (STEIN et al., 1996).

Estudos prospectivos de grande porte serão necessários para melhor entender o efeito da atividade física nos índices da VFC e no balanço autonômico, considerando os fatores discutidos.

Sugere a importante influência da FC na análise da VFC, como talvez modificações nos índices da VFC, relatados com o exercício, não sejam decorrentes de alterações diretas nos índices, e sim, de forma indireta pelo comportamento da frequência cardíaca, normalmente mais baixa em indivíduos com melhor capacidade física.

Maiores estudos são necessários para confirmar a hipótese de que existe um marcador para a atividade simpática através da razão LF/HF visto nos exercícios de alta intensidade. Alternativamente, não se deve descartar a possibilidade de haver outros mecanismos ativos sutis ainda não identificados sincronizados com a VFC durante o exercício progressivo, contribuindo para os padrões observados.

### **5.9 Algumas limitações**

Um fator limitante para a interpretação dos dados é o número pequeno de voluntários. Com base no número pequeno de voluntários uma interpretação da resposta fisiológica podem não refletir mudanças, o que pode, inclusive, ser gênero específico.

Outra limitação importante consiste na coleta dos dados das pressões arterial sistólica e diastólica (PAS e PAD) durante o exercício, o que poderia trazer informações relevantes do controle autonômico cardiovascular. Não fomos capazes de coletar tais dados, devido ao grau de dificuldade existente entre os voluntários correndo na esteira (movimentação brusco dos braços) dificultando a colocação do aparelho (estetoscópio). A bicicleta ergométrica poderia ser uma forma alternativa para causar a elevação do  $VO_2$  e permitir uma boa coleta da PAS e PAD sem que houvesse interferências da movimentação brusco dos membros superiores. Entretanto, optamos pela esteira ergométrica, por ser mais específico ao gesto (corrida) da modalidade esportiva praticada pelos atletas de Futsal.

## **6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS**



1- Este trabalho, ao utilizar a análise tempo-frequência da VFC, baseada na modelagem auto-regressiva variante no tempo, foi capaz de mostrar distinção clara entre as características espectrais dos sinais de indivíduos treinados, com relação aos de indivíduos sedentários, contribuindo para o entendimento do comportamento do sistema nervoso autonômico.

2- Os índices derivados da análise tempo-frequência AR apresentaram boa reprodutibilidade e foram capazes de quantificar a modulação simpática e parassimpática do nodo SA.

### **3 - Fase 1 (AQ)**

Os atletas apresentaram índices de RMSSD duas vezes maior e HF, três vezes maior na fase do aquecimento (AQ), sugerindo aumento do tono parassimpático representado pela potência de alta frequência (HF) e indiretamente pelo índice RMSSD.

### **4 - Fases 2 e 3 (LV1, PE)**

Durante o TEFDC-D, com aumento progressivo de cargas, a influência da atividade simpática na frequência cardíaca não se torna progressivamente mais importante nas intensidades elevadas, para ambos os grupos, caracterizando supressão de densidade de potência espectral de baixa frequência (LF). Os AFS não apresentarão diferenças significativas entre LF e HF na fase PE, mas um HF mais variado (aumentado) sugerindo maior proteção vagal nesta fase. Para os SED o tono LF foi superior em todas as fases do teste.

### **5 - Fase 4 (RA)**

Durante a fase da recuperação ativa (RA), os três minutos não foram suficientes para se observar o aumento gradativo da potência HF no grupo de sedentários (predomino LF). Para os atletas, o HF foi mais variado em relação ao LF nesta fase, porém, sem diferenças significativas, o que também não apresentou um aumento gradativo da potência HF. Dessa forma, os resultados deste trabalho não concordam com o conhecimento estabelecido de que há uma grande ativação vagal no transiente de recuperação representado pelo

componente HF, principalmente nos atletas, mesmo com a apresentação da curva de inflexão para cima dos intervalos RR observados nos intervalogramas (Anexo E).

#### **6 - Fases (AQ, LV1, PE, RA)**

O automatismo sinoatrial revelou um comportamento autonômico muito similar durante as quatro fases do TEFDC-D para ambos os grupos, observados nos espectrogramas AR, sugerindo que há um mecanismo de controle que se adapta à novas situações independente da capacidade física.

7 - A variável funcional capacidade física avaliada pelo consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  pico) também exerceu influência na variabilidade da frequência cardíaca: a) a melhor capacidade foi acompanhada de menor frequência cardíaca e maior variabilidade da frequência cardíaca; b) o efeito da capacidade física observada na VFC pode ser secundário a influência da diminuição da frequência cardíaca sobre a VFC.

8 - Os atletas apresentaram a relação da razão LF/HF maior que 1 nas fase AQ e LV1 e menor que 1 nas fases, PE e RA (**Figura 37c**, e **Tabela XIV Anexo D**), sugerindo maior proteção vagal nas fases menor que 1. Para o grupo controle a relação da razão LF/HF foi sempre maior que 1 em todas as fases (**Figura 39c**).

Esse decréscimo gradual da relação LF/HF poderia estar correlacionada à passagem do limiar ventilatório 2 e poderia prover índices fidedignos para a descoberta do limiar da VFC. Porém, mais testes de exercício de resistência são necessários para comprovar a utilidade da relação LF/HF.

PERSPECTIVAS:

- Criar um índice por intermédio do comportamento da VFC que possa auxiliar na avaliação e no treinamento físico.
- Novos experimentos com a utilização de substâncias farmacológicas.
- Desenvolver um sistema (algoritmo) que possibilite maior sensibilidade na decomposição do sinal.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AKSELROD, S. et al. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. **Science**, v.213, n.10, p.220-222, 1981.

\_\_\_\_\_. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. **Am. J. Physiol.** v.249, n.18, p. H867-H875, 1985.

ALONSO, D. O. et al. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. **Arq. Bras. Cardiol.** v.71, n.6, p.787-792, 1998.

ANSORGE, E. J. et al. Muscle metaboreflex control of coronary blood flow. **Am J Physiol –Heart Circ Physiol.** v.283, n.2, p. H526-H532, 2002.

APPEL, M. L. et al. Beat to beat variability in cardiovascular variables: noise or music? **J. Am. Coll. Cardiol.** v.14, n.5, p. 1139-1148, 1989.

ARAI Y. et al. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. **Am J Physiol.** v. 256(1 Pt 2), p.H132-141, 1989.

ASTRAND, P.O; RODAHL, K. Fisiologia aplicada ao trabalho In \_\_\_\_\_ **Tratado de fisiologia do exercício.** 2.ed. Rio de Janeiro : Interamericana, 1980. p.410-439.

\_\_\_\_\_. **Tratado de fisiologia do exercício.** 2. ed Rio de janeiro: Guanabara, 1987.

AUBERT A. E; BECKERS, F; RAMAEKERS, D. Shortterm heart rate variability in young athletes. **J. Cardiol.,** v. 37, Suppl 1, p. 85-88,. 2001.

BALSOM, P. D; EKEBLOM, B.; SJÖDIN, B. Enhanced oxygen availability during high intensity intermittent exercise decreases anaerobic metabolite concentrations in blood. **Acta Physiol. Scand.,** v. 150, p.279-285, 1994.

BARROS NETO, T.L. et al. Aplicações práticas da ergoespirometria no atleta. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo.** São Paulo, v.11, n.3, p.695 - 705, 2001.

BARTELS, M N. et al. High-frequency modulation of heart variability during exercise in patients with COPD. **American College of Chest Physicians,** v.124, n.3, p.863-869, 2003.

BELCASTRO, A. N.; BONEN, A. Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled exercise. **J. Appl. Physiol**, v.39, n.6, p.932-936, 1975.

BERNARDI L, et al. Respiratory sinus arrhythmia in the denervated human heart. **J. Appl. Physiol**, v. 67, p.1447-1455, 1989.

BERNARDI, L. et al. Evidence for an intrinsic mechanism regulating heart rate variability in trans-planted and the intact heart during submaximal dynamic exercise. **Cardiovasc. Res.**v.24, p.969-981, 1990.

BERNARDI, L. et al. Effects of controlled breathing, mental activity and mental stress with or without verbalization on heart rate variability. **J. Am. Col. Cardiol.**, v.35, n.6, p.1462 – 1469, 2000.

BERNTSON, T.J. et al. Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. **Psychophysiology**, v.34, n.6, p.623-648, 1997.

BINKLEY, P.F. et al. Sustained augmentation of parasympathetic tone with angiotensin-converting enzyme inhibition in patients with congestive heart failure. **J. Am. Col. Cardiol.**, v.31, p.655-661, 1993.

BLACKBURN, H.; KATIGBAK, R. What electrocardiographic leads to take after exercise? **Am. Heart J.**, v.67, p.184, 1964.

BLOOMFIELD, D.M.; BIGGER, J.T.; BEHZAD, P.B. Vagal modulation of RR intervals during head up tilt and infusion of isoproterenol. **Am. J. Cardiol.**, v.75, p. 1145-1150, 1995.

BONADUCE D, et al. Intensive training and cardiac autonomic control in high level athletes. **Med. Sci. Sports. Exerc.**, v.30, n.5, p.691-696, 1998.

BREUER HWM, et al. Heart rate variability and circulating catecholamine concentrations during steady-state exercise in healthy volunteers. **British Heart Journal**, v.70 n.2, p. 144-149, 1993.

BUNC, V. et al. Verification of the heart rate threshold. **Eur. J. Appl. Physiol**, v.70, p. 263-269, 1995.

BURTON, A.C. **Fisiologia e biofísica da circulação**. 2 ed, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1977.

CAIZZO, V. J.; DAVIS, J. A.; ELLIS, J. F. A. Comparasion of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. **J. Appl. Physiol.**, v.53, p.1118-1189, 1982.

CARMO, J. C. **Desenvolvimento de Instrumentação Dedicada e Proposta de Técnica de Análise de Fadiga em Ciclistas Utilizando Transformadas de Wavelets**. 2003. 172f. Tese (Doutorado) -Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2003.

CARVALHO, J.L.A et al. Avaliação de Métodos de Interpolação do Sinal de Variabilidade da Frequência Cardíaca In CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHERIA BIOMÉDICA, 18., 2002, São José dos Campos, SP. **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2002a. p.342-346

CARVALHO, J.L.A et al. Desenvolvimento de um Sistema para Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHERIA BIOMÉDICA, 18.,2002, São José dos Campos, SP. **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2002b. p.337-341

CARVALHO, J.L.A. et al. A tool for time-frequency analysis of heart rate variability. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIEY, 25., Cancun(México), 2003. **Proceedings**. p.2574-2577.

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 n.8 p.1333-1334, 2003.

CASADEI, B. et al. Pitfalls in the interpretation of spectral analysis of the heart rate variability during exercise in humans. **Acta. Physiol Scand.**, v. 153, n.2: p.125-131, 1995.

CASADEI B, et al. Is respiratory sinus arrhythmia a good index of cardiac vagal tone in exercise? **J. Appl. Physiol.**, v.81, n2, 556-64, 1996.

CATAI, A.M. et al. 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, n.6,p. 741-752, 2002.

CHACON-MIKAHIL, M.P.T. et al. Cardiorespiratory adaptations induced by aerobic training in middle age men: the importance of a decrease in sympathetic stimulation for the contribution of dynamic exercise tachycardia. **Braz. J. Med. Biol. Res.**, v.31, p. 705-712, 1998.

CHOI, H. I; WILLIAMS, W. J. Improved time-frequency representation of multicomponent signals using exponential kernels, **IEEE Trans. Acoust. Speech, Signal Processing**, v.37, p.862-871, 1989.

CHRISTENSEN, N. J., GALBO, H. Sympathetic nervous activity during exercise. **Ann. Rev. Physiol.**, v.45, p.139-153, 1983.

COHEN, L. Time-frequency distributions. A review. **Proc. IEEE**, v. 77, p.941-981, 1989.

COLE, CR. et al. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. **New Engl. J. Med.**, v.341, n.18, p.1351-1357, 1999.

COLE, C.R. et al. Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. **Ann. Intern. Méd.**, v.132, n.7, p.552-555, 2000.

CONSELHO Nacional de Ergometria da Sociedade Brasileira de Cardiologia. **Arq. Brás. Cardiol.**, v.65, 1995.

COTTIN, F; PAPELIER, Y; ESCOURROU, P. Effects of exercise load and breathing frequency on heart rate and blood pressure variability during dynamic exercise. **Int. J. Sports Med** v.20, p.1-7, 1999.

COTTIN, F; PAPELIER, Y. Regulation of cardiovascular system during dynamic exercise: integrative approach. **Crit. Rev. Phys. Rehabil. Med**, v.14, p. 53-81, 2002.

COTTIN, F.; DURBIN, F; PAPELIER, Y. Heart rate variability during cycloergometric exercise or judo wrestling eliciting the same heart rate level. **Eur. J. Appl. Physiol**, v. 91, p. 177-184, 2004a.

COTTIN, F. et al. Heart Rate Variability during Exercise Performed below and above Ventilatory Threshold **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 36, n.4, p. 594-600, 2004b..



CONOVER, W. J. **Practical Nonparametric Statistics**. 2 ed. New York, John Wiley & Sons, 1980, 493 p.

CUNINGHANT, I. A. **Variabilidade da frequência cardíaca em indivíduos sem cardiopatia**. 2002. 91f. Tese (Doutorado em Cardiologia), Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

DAVIS, J. A. et al. Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. **J. Appl. Physiol.**, v.46, p.1039-1046, 1979.

DAVY, K.P.; WILLIS, W.L.; SEALS, D.R. Influence of exercise training on heart rate variability in post menopausal women with elevated arterial blood pressure. **Clinical Physiology**, v. 17, p.31-40, 1997.

DE MEERSMAN, R.E. Respiratory sinus arrhythmia alteration following training in endurance athletes. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.**, v. 64, n. 5, p.434- 436, 1992.

DE MEERSMAN, R.E. Heart rate variability and aerobic fitness. **Am. Heart J.**, v.125, n.3, p.726-731, 1993.

DOUGLAS, P.S. et al. Cardiac fatigue after pro-longed exercise. **Circulation** v. 76, n.6., p.1206-13, 1987.

DUDLEY, G. A. Metabolic consequences of resistive-type exercise. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.20, n.5, (Suppl), p. S158-S161, 1988.

ECKBERG D.L. Parasympathetic cardiovascular control in human disease: a critical review of methods and results. **Am. J. Physiol.**, v. 239, n.5, p. 581-593, 1980.

ECKBERG D.L. Sympathovagal balance: a critical appraisal. **Circulation**. v.96, n.9, p. 3224-3232, 1997.

EKBLOM, B. et al. Effects of atropine and propranolol on the oxygen transport system during exercise in man. **Scand. J. Clin. Lab. Invest**, v.30, p.35-40, 1972.

EKBLOM, B. et al. Effect of training lactate accumulatory response to exercise. **J. Appl. Physiol.**, v.24, n.4, p.518-528, 1968.

EKELUND L.G. et al. Physical fitness as a predictor of cardiovascular mortality in asymptomatic North American men. The Lipid Re-search Clinics Mortality Follow-up Study. **New. Engl. J. Med.**, v. 319, n.21, p.1379-1384, 1988.

EWING, D. J.; NEILSON J. M. M.; TRAVIS, P. New method for assessing cardiac parasympathetic activity using 24 hour electrocardiograms. **Br. Heart J.**, v.52 p.396-402, 1984.

FLECK, S. J. Cardiovascular adaptations to resistance training. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.20, n.5, p.146-51, 1988.

FLETCHER, G. F. et al. Exercise standards. A Statement for healthcare professionals from the American Heart Association. **Circulation**, v. 91, p. 580-613, 1995.

FROELICHER, E.S. Usefulness of exercise testing shortly after acute myocardial infarction for predicting 10 year mortality. **Am. J. Cardiol.**, v.74 n.4 p.318-323, 1994.

FURLAN R. et al. Early and late effects of exercise and athletic training on neural mechanisms controlling heart rate. **Cardiovasc. Res.**, v.27, n.3, p.482-488, 1993.

GALLO JR., L. et al. Functional evaluation of sympathetic and parasympathetic system in chagas disease using dynamic exercise. **Cardiovasc. Res.**, v.21, p.922-927, 1987.

\_\_\_\_\_. Ajuste cardiovascular ao exercício físico. Efeitos do treinamento aeróbio. **Medicina**, v.23, n.2, p.101-106, 1990.

\_\_\_\_\_. Control of heart rate during exercise in health and disease. **Braz. J Med. Biol. Res**, v.28, p.1179-1184, 1995.

\_\_\_\_\_. Quando o coração bate mais forte. **Ciência Hoje**, v.21, p.40-47, 1996.

GOLDING, L. A.; MYERS, C. R.; SINNING, W. E. **Way to Physical Fitness: The Complete Guide to Fitness Testing and Instruction**. 3 ed. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1989. 191 p.

GOLDSMITH, R.L. et al. Comparison of 24-hour parasympathetic activity in endurance-trained and untrained young men. **J. Am. Coll. Cardiol.**, v. 20, n.3, p. 552-558, 1992.

GREEN, H.J; PATLA, A.E. Maximal aerobic power: neuromuscular and metabolic considerations. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.24, n.1, p. 38-46, 1992.

GREGOIRE, J. et al. Heart rate variability at rest and exercise: influence of age, gender, and physical training. **Can. J. Appl. Physiol.**, v. 2, n.6, p. 455-70, 1996.

GUEDES, D. P. **Crescimento, composição corporal e desempenho motor em criança e adolescentes do município de Londrina (PR)**. 1994. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, 1994.

GUO, Z.; DURAND, L.G, LEE, H. C. The Time-Frequency distributions of Nonstationary Signals Based on a Bessel Kernel, **IEEE Trans. Signal Proc.**, v.42, n. 7,1700-1707, 1994.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Fisiologia humana e mecanismos das doenças**. 6. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. 639 p.

HAGERMAN, I. et al. Chaos-related deterministic regulation of heart rate variability in time and frequency domains: effects of autonomic blockade and exercise. **Cardiovasc Res** v. 31, p. 410–418, 1996.

HAYANO, J. et al. Decreased magnitude of heart rate spectral components in coronary artery disease. Its relation to angiographic severity. **Circulation**, v. 81, n. 4, p.1217-1224, 1990.

HEDELIN, R. et al. Pre and post-season heart rate variability in adolescent cross-country skiers. **Scand. J. Med. Sci. Sports**,v.10, p.298–303, 2000.

HEPPLE, R.T. Skeletal muscle: microcirculatory adaptation to metabolic demand. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 32, n.1, 117-123, 2000.

HICKSON, R.C. et al. Reduced training intensities and loss of aerobic power, endurance, and cardiac growth. **J. Appl. Physiol.**, v.58, n.2, p.492-499, 1985.

HIRSCH, J.A.; BISHOP, B. Respiratory sinus arrhythmia in humans: how breathing pattern modulates heart rate. **Am. J. Physiol.**, v. 241, n.4, p.620-629, 1981.

HULL S.S. et al. Exercise training confers anticipatory protection from sudden death during acute myocardial ischemia. **Circulation**, v.89, n. 2, p.548-552, 1994.

JESUS, P.C.; SAMPAIO, A.L.L.; JUNQUEIRA JR, L.F. Esfriamento facial e função vagal cardíaca avaliada pelas análises temporal e espectral da variabilidade R-R do eletrocardiograma. **Arq. Bras. Cardiol.**, v. 63 (supl I): n.83, 1994.

JUNQUEIRA Jr, L.F. **Doenças do coração – tratamento e reabilitação**. Rio de Janeiro: Guanabara – Koogan, 1998. p. 306-311.

JUNQUEIRA Jr, L.F: Ambulatory assessment of cardiac autonomic function in Chagas' heart disease patients based on indexes of R-R interval variation in the Valsalva maneuver. **Braz. J. Med. Biol. Res.**, v. 23, p.1091-1102, 1990.

KANNANKERIL, P.J.; GOLDBERGER, J. J. Parasympathetic effects on cardiac electrophysiology during exercise and recovery **Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.**, v.282, p. H2091–H2098, 2002.

KATONA, P. G. et al. Sympathetic and parasympathetic cardiac control in athletes and non-athletes at rest. **J. Appl. Physiol.**, v.52, p.1652, 1982.

KLEIGER, R. E.; et al. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after myocardial infarction. **Am. J. Cardiol.**, v.59, n.4, p.256-262, 1987.

KLEIGER, R. E.; et al. Stability over time of variables measuring heart rate variability in normal subjects. **Am. J. Cardiol.**, v.68, p.626-663, 1992.

KLISSOURAS, V. Heritability of adaptative variation: an old problem revisited. **J. Sports Med. Phys. Fitness**, v37, p.1-6, 1997.

KOHL, P. et al. Mechano-sensitive cells in the atrium of frog heart. **Exp. Physiol.**, v. 77, p.213-217, 1992.

KOUIDI, E. et al. Effects of athletic training on heart rate variability triangular index. **Clin. Physiol. Funct. Imaging**, v. 22, p. 279-284, 2002.

KUTTIGER, H. G. Oxygen debt, lactate, pyruvate, and excess lactate after muscular work. **J. Appl. Physiol.**, v.17, n.4, p. 639-644, 1962.

LAUKKANEN, J.A. et al. Cardiovascular fitness as a predictor of mortality in men. **Arch. Intern. Med.** v.161, n.6, p.825- 831, 2001.

LAZOGLU, A.H. et al. Exercise and heart rate variability. **Am. Heart J.** v.131, n.4, 825-826, 1986.

LEWIS, S. F.; THOMPSON, P.; AREKOG, N.H. Endurance training and heart rate control studied by combined parasympathetic and beta-adrenergic blockade. **Int. J. Sports Med.**, v.1, p.42-49, 1980.

LIPSITZ, L.A. et al. Spectral characteristics of heart rate variability before and during postural tilt. Relations to aging and risk of syncope. **Circulation.** v.81, n.6, p.1803-1810, 1990.

LOIMAALA, A. et al. Controlled 5-mo aerobic training improves heart rate but not heart rate variability or baroreflex sensitivity. **J. Appl. Physiol.** v.89, n.5, p.1825-1829, 2000.

LONG, A; FERREIRA, D; CORREIA, M.J. Variabilidade da frequência cardíaca. **Rev. Port. Cardiol.**, v.14, n.3, p.241-262, 1995.

LUCINI, D. et al. Analysis of initial autonomic adjustments to moderate exercise in humans. **Journal of Hypertension**, v.13, p.1660-1663, 1995.

MACIEL, B. C. et al. Parasympathetic contribution to bradycardia induced by endurance training in man. **Cardiovasc. Res.**, v.19, p.642-648, 1985.

\_\_\_\_\_. Autonomic control of heart rate during dynamic exercise in normal man. **Clin. Science**, v.71, p.457-460, 1986.

MACOR, F.; FAGARD, R.; AMERY, A. Power spectral analysis of RR interval and blood pressure short-term variability at rest and during dynamic exercise: comparison between cyclists and controls. **Int. J. Sports Med.**, v. 17, p.175-181, 1996.

MALLIANI, A et al. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. **Circulation**, v.84, n.2, p.482-492, 1991.

MARPLE Jr L, **Digital Spectral Analysis with Applications**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1987.

MARSON, R. E.; et al. Multiple lead exercise electrocardiography. Experiences in 107 normal subjects and 67 patients with angina pectoris and comparison with coronary arteriography in 84 patients. **Circulation**, v.36, p.517, 1967.

MALIK, M.; CAMM, A. J. **Heart Rate Variability**. Armonk, New York: Futura Publishing Company, 1995.

McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, C. L. Regulação e integração cardiovasculares In. \_\_\_\_\_ . **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano** 4. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, C. L. Training for anerobic and aerobic power. In:\_\_\_\_\_. **Exercise physiology**. 4 ed. Baltimore: Williams & Williams, 1996 .cap.21, p. 393-416.

MIDDLEKAUFF, H. R. et al. Impact of acute mental stress on sympathetic nerve activity and regional blood flow in advanced heart failure: implications for “triggering” adverse cardiac events. **Circulation**. v.96, n.6, p.1835-1842, 1997.

MIGLIARO, E. R.; CONTRERAS; P.; BECH, S.; ETXAGIBEL, A.; CASTRO, R.R.; VICENTE, K. relative influence of age, resiteing heart rate and sedentary life style in short term analysis of heart rate variability. **Baz. J. Med. Biol. Res.**, v. 34, p. 493-500, 2001.

MITCHELL, J.H. Neural control of the circulation during exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v.22, n 2, p.141-154, 1990.

MOORE, R.L.;PALMER, B.M. Exercise training and cellular adaptations of normal and diseased hearts. **Exerc Sport Sci Rev**. v.27 p.285-315, 1999.

MOLINA, R. 1992. **Futsal: um estudo das capacidades aeróbia e anaeróbia de jogadores e atividades em jogo**. Monografia de Licenciatura. Universidade estadual Paulista, Rio Claro.

MOLGAARD, H; SORENSEN, K E.; BJERREGAARD, P. Circadian variation and influence of risk factors on heart rate variability in healthy subjects. **Am. J. Cardiol.**, v.68 n.8, p.777-784, 1991.

MONTANO, N. et al. Central vagotonic effects of atropine modulate spectral oscillations of sympathetic nerve activity. **Circulation**, v.98, n.14, p.1394-9, 1998.

MORAES, R. S. et al. Three dimensional return map: a method for quantification of heart rate variability. **J. Am. Cardiol.**, v.21, p.156 A, 1999.

MYERS J, et al. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. **New Engl.J.Med.**, v.346, n,11, p.793-801, 2002.

MYERS, G. A.; MARTIN, G. J.; MAGGID, N. M. Power spectral analysis of heart rate variability in sudden cardiac death: Comparison to other methods. **IEEE Trans. Bio. Eng.**, v.65, p.1149-1156, 1986.

NAKAMURA, Y.;YAMAMOTO, Y.;MURAOKA, I. Autonomic control of heart rate during physical exercise and fractal dimension of heart rate variability. **J. Appl. Physiol.**, v.74, n.2, p.875-81, 1993.

NEGRÃO, C. E. et al. Vagal function impairment after exercise training. **J. Appl. Physiol.**, v.72 p.1749-753, 1992.

NEGRÃO, C. E., KRIEGER, E M, SILVA, G J J  
Effects of exercise training on baroreflex control of the cardiovascular system. **Ann. N. Y. Academy Scien.**, v.940, p.338 - 347, 2001.

NIEMELÄ K.O. et al. Evidence of impaired left ventricular performance after an uninterrupted competitive 24 hour run. **Circulation**, v.70, n.3, p.350-356, 1984.

NISSINEN S.I. et al. Heart rate recovery after exercise as a predictor of mortality among survivors of acute myocardial infarction. **Am. J. Cardiol.**, v.91, n.6, p.711-7114, 2003.

ODEMUYINA, O. et al. The effect of age in the electrophysiological and autonomic correlates of sudden death after myocardial infarction. **Pace**, v.4 p.2449-55, 1991.

OLIVEIRA, L. **Perfil de actividade do jovem jogador de Futsal/Cinco: um estudo em atletas juvenis masculinos**. 1999. Dissertação apresentada às provas de mestrado em Ciências do Desporto, FCDEF-UP. Porto

OPIE, L.H. **The Heart. Physiology, from Cell to Circulation**. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers, 1998.

OSTERRIEDER, W.; NOMA, A.; TRAUTWEIN, W. On the kinetics of the potassium channel activated by acetylcholine in the S-A node of the rabbit heart. **Pflugers Arch.**, v.386, n.2, p.101-119, 1980.

PAGANI, M. et al. Power spectral analysis of heart rate arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. **Circulation. Res.**, v.59, n.2, p.178-193, 1986.

PAGANI, M. et al. Effects of physical and mental exercise on heart rate variability. In: MALIK, M.; CAMM, D. A J. (eds) **Heart rate variability**. New York, Futura Publishing Company, Inc., p 245-266, 1995.

PASCHOAL, M.A.; CHACON-MIKAHIL. Study of cardiorespiratory variables at the anaerobic threshold (AT) in trained sedentary subjects. **FASB J.**, v.10, n.3, p.376, 1996.

PECKOVA, M. et al. Circadian variations in the occurrence of cardiac arrests: initial and repeat episodes. **Circulation**, v. 98, n.1, p. 31-39, 1998.

PELLICCIA, A. et al. The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. **New. Engl. J. Med.**, v.324, n.5, p.295-301, 1991.

PERINI, R. et al. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.**, v.58, n.8, p.879-883, 1989.

\_\_\_\_\_. The influence of exercise intensity on the power spectrum of heart rate variability. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.61, p.143-148, 1990.

PERINI, R.; VEICSTEINAS, A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.90. p.317-325 2003.



PICHOT, V. et al. Quantification of cumulated physical fatigue at the workplace. **Eur. J. Physiol.**, v. 445, p.267–272, 2002.

PIGOZZI, F. et al. Effects of aerobic exercise training on 24 hr profile of heart rate variability in female athletes. **J. Sports Med. Phys. Fitness**, v.41, n.1, p.101-117, 2001.

PIKKUJÄMSÄ, S.M., et al. Determinants and interindividual variation of R-R interval dynamics in healthy middle aged subjects. **Am. J. Physiol.**, v 280, n.3, p. H1400-H1406, 2001

PIÑA, I.L et al. Exercise and Heart Failure: A Statement From the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention. **Am. Heart Association**, v.107, n.8, p.1210-1225, 2003

POLANCZYK, C. A. et al. Sympathetic nervous system representation in time and frequencu domain indices of heart rate variability. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.79, p.69-73, 1998.

POMERANZ, B. et al. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. **Am. J. Physiol.**, v.248, p.151-3, 1985.

PORTIER, H. et al. Intense endurance training on heart rate and blood pressure in runners. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.33, p.1120-1125, 2001.

PRADO, R. L et al. Análise espectral da variabilidade da frequência cardíaca no exercício leve e intenso em atletas de Futsal. **Braz. J. Sports Med.**, v.10, n.5, p.433, 2004.

PUIG, J. et al. Spectral analysis of heart rate variability in athletes. **J. Sports Med. Phys. Fitness**, v.33, p.44-48, 1993.

RANDALL, D. C. et al. AS nodal parasympathectomy delineates autonomic contrl of heart rate power spectrum. **Am. J. Physiol.**, v.260, p.985-988, 1991.

RENNIE, K.L. et al. Effects of moderate and vigorous physical activity on heart rate variability in a British study of civil servants. **Am. J. Epidemiol.**, v.158, n.2, p.135-143, 2003.

ROWELL, L.B. Neural control of muscle blood flow: importance during dynamic exercise. **Clin. Exp. Pharmacol Physiol.**, v.24, n.2, p.117-25, 1997.

RIBEIRO, J.P.; IBANEZ, J.M.; STEIN, R. Autonomic Nervous Control Of The Heart Rate Response To Dynamic Incremental Exercise: Evaluation Of The Rosenblueth-Simeone Model. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.62, p.140-144, 1991.

RIBEIRO, J. P. **Variabilidade da frequência cardíaca como instrumento de investigação do sistema nervoso autônomo: estudos fisiológicos, metodológicos e clínicos.** 1999. 99 f. Tese (Livre Docência), Faculdade Medicina de São Paulo.

RIMOLDI, O. et al. A. Analysis of term oscillation of RR and arterial pressure in conscious dogs. **Am. J. Physiol.**, v. 258, p 967-976, 1990.

ROBINSON, B.F et al. E. Control of heart rate by autonomic nervous system. Studies in man on the interrelation between baroreceptor mechanism and exercise. **Circ. Res.**, v.19: p.400-411, 1966.

ROCHELLE, L.G. et al. Comparison of 24 hour parasympathetic activity in endurance trained and untrained young men. **J. Am. Cardiol.**, v.20, p.5520-5528, 1992.

ROWELL, T.L.B. **Human circulation regulation during physical stress.** New York: Oxford University, 1986. 407 p.

ROWLAND, T. W.; POPOWSKI, B.; FERRONE, L. Cardiac response to maximal upright cycle exercise in health boys and men. **Medicine Science Sports Exercise**, v.29, n.9, p.1146-1151, 1997.

RYAN, S.M. et al. Gender- and age-related differences in heart rate dynamics: are women more complex than men? **J. Am. Coll. Cardiol.**, v.24, n.7, p.1700-1707, 1994.

SACKNOFF, D. M. et al. Effect of athletic training on heart rate variability. **Am. Heart J.**, v.127, n.5, p. 1275-1278, 1994.

SANDROME, G. et al. Effects of beta blockers (atenol or metoprolol) on heart rate variability after acute myocardial infarction. **Am. J. Cardiol.**, v. 74, p. 340-345, 1994.

SATO, I.; HASEGAWA, Y.; HOTTA, K. autonomic Nervous Control of the in exercising man. **Pflügersm Arch.**, v. 384, n. 1, p. 1-7, 1980.

SAUL, J. P. Beat to beat variations of HR reflect modulation of cardiac autonomic outflow. **NIPS**, v.5, p.32-37, 1990.

SAYERS, D B. M. Analysis of heart rate variability. **Ergonomics**, v. 16, p 17-32, 1973.

SCHWARTZ P.J.; BILLMAN, G.E; STONE, H.L. Autonomic mechanisms in ventricular fibrillation induced by myocardial ischemia during exercise in dogs with healed myocardial infarction. An experimental preparation for sudden cardiac death. **Circulation**, v.69, n.4 p.790-800, 1984.

SEALS, D.R.; TAYLOR, J.A.; N.G, A.V.; ESLER, M.D. Exercise and aging: autonomic control of the circulation. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.26, n.5, p. 568-576, 1994.

SHEPHARD, R.J. ; BOUHLEL, E.; VANDEWELLE, H.; MONOD, H. Muscle mass as a factor limiting physical work. **J. Appl. Physiol.**, v.64, p.1472-1479, 1986.

SHEPS, D. S.; SHEFFIELD, D. Depression, anxiety, and the cardiovascular system: the cardiologist's perspective. **J. Clin. Psychiatry**, v.62 Suppl 8, p.12 -18, 2001

SHI, X. et al. Autonomic nervous system control of the heart: endurance exercise training. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.27, n.10, p.1406-13, 1995.

STAMFORD, B. A. et al. Exercise recovery above and below anaerobic threshold following maximal work. **J. Appl. Physiol.** v 51, n.4, p.840-844, 1981.

STEIN, P. K.; ROTTMAN, J.N; KLEIGER, R. E. Effect of 21 mg transdermal nicotine patches and smoking cessation on rate variability. **Am. J. Cardiol.**, v.77, p. 323-329, 1996.

STEIN, P. K. et al. Effect of exercise on heart rate variability in health old adults. **Am. Heart J.**, v.138, p.567-576, 1999.

STEIN, R. et al. Sinus automaticity and atrioventricular conduction in athletes: contribution of autonomic regulation. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.82, p.155-157, 2000.

\_\_\_\_\_. Intrinsic sinus and atrioventricular node electrophysiologic adaptations in endurance athletes. **J. Am. Coll. Cardiol.**, v.39, p.1033-1038, 2002.

STOLARZ K. et al. Host and environmental determinants of heart rate and heart rate variability in four European populations. **J. Hypertens**, v.21, n.3, p.525-535, 2003.

SUGAWARA, J. et al. Change in post-exercise vagal reactivation with exercise training and detraining in young men. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.85, n.3-4, p.259-263, 2001.

TABATA, I. et al. Metabolic profile of high intensity intermittent exercise. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.29, n.3, p.390-395, 1997.

TASK FORCE of European Society of cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological Interpretation, and clinical use. **Eur. Heart. J.**, v.17, p.354-381, 1996.

TESCH, P.A.; TRIESCHMANN, J.T.; EKBERG, A. Hypertrophy of chronically unloaded muscle subjected to resistance exercise Source: **J. Appl. Physiol.**, v.96, n.4, p.1451-1458, 2004.

TULPPO, M. P. et al. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. **Am. J. Physiol.**, v.271, n.1 pt 2, p.H244-H252, 1996.

\_\_\_\_\_. Heart rate dynamics during accentuated sympathovagal interaction. **Am. J. Physiol.**, v.274, n.3 Pt 2, H810-6, 1998a.

\_\_\_\_\_. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **Am. J. Physiol.**, v. 274, (2 Pt 2): H424-9, 1998b.

\_\_\_\_\_. Effects of aerobic training on heart rate dynamics in sedentary subjects. **J. Appl. Physiol.**, v.95, p.364-372, 2003.

UENO, L.M.; HAMADA, T.; MORITANI, T. Cardiac autonomic nervous activities and cardiorespiratory fitness in older men. **J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.**, v.57, n.9, p.605-610, 2002.

USHIZIMA, E.D. et al. A função dos baroreceptores na regulação do sistema cardiovascular estudada pela análise espectral e de coerência. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA BIOMÉDICA, Habana ,2001. **Memoriais...** La Habana, Cuba. 2001

VANOLI, E. et al. Vagal stimulation and prevention of sudden death in conscious dogs with a healed myocardial infarction. **Circ. Res.**, v.68, n.5, p.1471-1481, 1991.

VICTOR, R.G.; SEALS, D.R.; MARK, A.L. Differential control of heart rate and sympathetic nerve activity during dynamic exercise. Insight from intraneural recordings in humans. **J. Clin. Invest.**, v. 79, n.2, p.508-16, 1987.

VYBIRAL, T.; BRYG, R. J.; MADDENS, M. E. effects of transdermal scopolamine on heart rate variability in normal subjects. **Am. J. Cardiol.**, v.65, p.604-608, 1990.

YAMAMOTO, Y.; HUGHSON, R. L.; PETERSON, J. C. Autonomic of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. **J. Appl. Physiol.**, v.71, n.3, p.1136-1142, 1991a.

YAMAMOTO, Y.; HUGHSON, R.L. Coarse-graining spectral analysis: new method for studying heart rate variability. **J. Appl. Physiol.**, v. 71, n3, p. 1143-1150, 1991b.

YOSEF, P. et al. Exercise conditioning and heart rate variability: Evidence of a threshold effect. **Clin. Cardiol.**, v.23, p. 615-620, 2000.

WARREN, J.H. et al. Effect of autonomic blockade on power spectrum of heart rate variability during exercise. **Am. J. Physiol.**, v. 273, n.2 Pt 2, p.495-502, 1997.

WASSERMAN, K.; McLLROY, M. B. Detecting the threshold of metabolism in cardiac patients during exercise. **Am. J. Cardiol.**, v.14, p.844-852, 1964.

WASSERMAN, K.; et al. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **J. Appl. Physiol.**, v.35, n.2, p.236-243, 1973.

\_\_\_\_\_. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. **Am. Ver. Respir. Dis.**, v.129, p.S35-S40 , 1984. (Suppl.)

\_\_\_\_\_. **Principles of exercise testing and interpretation.** 3. ed. Philadelphia: William & Wilkins, 1999.

WASSERMAN, K.; BEAVER, W. L.; WHIPP, B. J. Gas exchange theory and lactic acidosis (anaerobic) Threshold. **Circulation**, v.81, n.1, p. 14-30, 1990. (supl.II).

WILLIAMSON, J. W. et al. Instantaneous heart increase with dynamic exercise central command and muscle-heart reflex contributions. **J. Appl. Physiol.**, v.78, n.4, p.1273-1279, 1995.

WHIPP, B.J. Peripheral chemoreceptor control of exercise hyperpnea in humans. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.26, p.337-347, 1994.

WOO, M. A. et al. Patterns of beat to beat heart rate variability in advanced heart failure. **Am. Heart. J.**, v.123, p.704-710, 1992.

**ANEXOS**

## ANEXO A



## COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVAP

## CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo n.º L034/2003/CEP, sobre *“Variabilidade da frequência cardíaca: estudo comparativo das respostas autonômicas cardiovasculares e a relação com as variáveis antropométricas e metabólicas em jogadores de futebol de salão e sedentários jovens”*, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Rodrigo Álvaro B. L. Martins, está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, conforme Resolução n.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi **aprovado** por esta Comissão de Ética em Pesquisa.

São José dos Campos, 02 de setembro de 2003

**PROF. DR. LANDULFO SILVEIRA JUNIOR**

Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa da Univap



**ANEXO B**

**TERMO DE CONSENTIMENTO FORMAL DE PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO:  
“VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA: ESTUDO COMPARATIVO DAS RESPOSTAS  
AUTÔNOMICAS CARDIOVASCULARES EM JOGADORES DE FUTSAL E SEDENTÁRIOS  
JOVENS”**

**Responsáveis:**

Rui Leite do Prado – aluno de Mestrado

Prof. Dr. Rodrigo Álvaro Brandão Lopes Martins

O abaixo assinado, \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_ Órgão Exp. \_\_\_\_\_, declara que é de livre e espontânea vontade que está participando como voluntário do projeto de pesquisa supracitado, proposto pelo Educador Físico e pesquisador Rui Leite do Prado, que será realizado no Laboratório de Esforço Físico do Departamento de Fisioterapia da UNIVAP

A pesquisa tem por finalidade observar a modulação das atividades simpática e parassimpática através da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), bem como observar a ocorrência do limiar de anaerobiose durante o exercício físico dinâmico em atletas de Futsal e sedentários jovens.

Durante o estudo, deverá comparecer ao Laboratório de Esforço Físico – LAEF/UNIVAP, inicialmente para que seja submetido à anamnese clínica e esportiva ;e posteriormente a) à avaliação antropométrica (medidas das dobras cutâneas); b) a teste de esforço máximo (protocolo contínuo) para coleta de variáveis cardiorespiratórias de interesse no estudo; c) a eletrocardiograma (ECG) dinâmico .

Serão tomadas antes, durante e após o teste as medidas hemodinâmicas (pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica, frequência cardíaca, frequência respiratória).

Obteve todas as informações necessárias para poder decidir conscientemente sobre a participação do referido ensaio.

Obteve todas as informações necessárias para poder decidir conscientemente sobre a participação do referido ensaio.

Está livre de interromper a participação no ensaio a qualquer momento, a não ser que esta interrupção seja contra-indicada por motivo médico.

Os resultados obtidos durante o ensaio serão mantidos em sigilo, e os voluntários não serão identificados por ocasião da exposição ou publicação dos resultados experimentais.

A coordenação do ensaio compromete-se a mantê-lo informado do progresso da pesquisa, caso julgue a informação relevante para o voluntário.

Poderá contactar a Secretaria da Comissão de Ética para apresentar recursos ou reclamações em relação ao ensaio clínico.

Aspecto Legal: Elaborados de acordo com as diretrizes e normas regulamentadas de pesquisa envolvendo seres humanos atendendo à Resolução <sup>1</sup> 196, de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde – Brasília - DF.

É condição indispensável para a participação no ensaio clínico que esteja em boa saúde e, portanto, não esteja no momento, sob tratamento médico ou com alguma contra-indicação médica.

Declaro que li e entendi as informações precedentes e sempre que tiver alguma dúvida sobre os exames a que serei submetido, prontamente serei esclarecido sobre eles mesmos, inclusive podendo consultá-los, se achar necessário.

São José dos Campos, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2003

\_\_\_\_\_  
Voluntário

\_\_\_\_\_  
Dr. Fabio Baptista  
Médico Cardiologista  
CRM <sup>1</sup> 70671

\_\_\_\_\_  
Pai ou responsável

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Rodrigo Álvaro B. Lopes  
Orientado – Coord. do LAEF/UNIVAP IP&D  
Fone: 39471114

\_\_\_\_\_  
Pós-graduando: Rui Leite do Prado  
Fone: 3947-3016 ou 3902-8022

## ANEXO C

### FICHA INDIVIDUAL DE AVALIAÇÃO

**CLASSIFICAÇÃO:** \_\_\_\_\_ **CÓDIGO:** \_\_\_\_\_  
(NÃO PREENCHER) (NÃO PREENCHER)

#### 1 – Identificação:

Nome: \_\_\_\_\_  
 Data de nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/19\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ anos  
 Sexo: Masculino  Feminino  Raça: \_\_\_\_\_  
 Estado Civil: \_\_\_\_\_  
 E-mail: \_\_\_\_\_ @ \_\_\_\_\_  
 Curso: \_\_\_\_\_  
 Endereço: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_  
 Cidade: \_\_\_\_\_ Est.: \_\_\_\_\_  
 CEP: \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_  
 Procedência: cidade: \_\_\_\_\_ Est.: \_\_\_\_\_  
 Tel.: \_\_\_\_\_ Cel.: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

#### 2 – informações gerais:

Mora com os pais ( ) Sim ( ) Não  
 Tempo de Estudo: \_\_\_\_\_ horas/dia Estudo extra-escolar: \_\_\_\_\_ horas/dia  
 Tempo gasto em transporte: \_\_\_\_\_ horas/dia Tempo em computador: \_\_\_\_\_ horas/dia  
 Tempo em vídeo game: \_\_\_\_\_ horas/dia Tempo em TV: \_\_\_\_\_ horas/dia

#### 3 - Hábitos:

a) Sono: \_\_\_\_\_ horas/diárias. Horário de: deitar \_\_\_\_\_  
 acordar \_\_\_\_\_  
 b) Dorme durante o dia: Sim ( ) Não ( ) raramente ( ) Tempo diário: \_\_\_\_\_  
 c) Ingestão de álcool: nunca ( ) Não ( ) Sim ( ) raramente ( )

Se sim ou raramente: tipo –  destilada  fermentada

Quantidade: \_\_\_\_\_ ml. \_\_\_ vez, por \_\_\_\_\_. Há quanto tempo \_\_\_\_

**d)** Ingestão de café ( ) ou chá ( ) : \_\_\_\_\_ xícaras/dia.

**e)** fumo:  nunca  não  sim  raramente

Se sim: \_\_\_ cigarros/dia Se não: quando parou: \_\_\_\_\_ cigarros/dia

**f)** Alimentação:

\_\_\_ horas: café da manhã \_\_\_\_\_

\_\_\_ horas: colação (depois do café, antes do almoço): \_\_\_\_\_

\_\_\_ horas: almoço: \_\_\_\_\_

\_\_\_ horas: colação: \_\_\_\_\_

\_\_\_ horas: café da tarde: \_\_\_\_\_

\_\_\_ horas: colação: \_\_\_\_\_

\_\_\_ horas: jantar \_\_\_\_\_

\_\_\_ horas: ceia: \_\_\_\_\_

**g)** Consome lanches, guloseimas (balas, chicletes, biscoitos, outros.):

não  sim  raramente

**h)** Líquido que consome normalmente:

água  suco  refrigerante  isotônico  outro. Qual? \_\_\_\_\_

**i)** Faz uso de suplementação:

nenhum tipo  aminoácidos  carboidratos  creatina

outro. Qual? \_\_\_\_\_

**j)** Dieta alimentar orientada:  não  sim ; Profissional: \_\_\_\_\_

Tipo: \_\_\_\_\_ Objetivo: \_\_\_\_\_

**4 - Atividade física:****4.1 Somente para atletas**

modalidade praticada: \_\_\_\_\_ posição(es): \_\_\_\_\_

quando inicio: \_\_\_\_\_ tempo de prática: \_\_\_\_\_

parou alguma vez? \_\_\_\_\_ tempo: \_\_\_\_\_ motivo: \_\_\_\_\_

duração do treino: \_\_\_\_\_ vez(es) por dia \_\_\_\_\_ vez(es) por semana.

Durante: \_\_\_\_\_ horas por período.

outra(s)modalidade(s): \_\_\_\_\_ qual? \_\_\_\_\_ frequência: \_\_\_\_\_ vez(es)/semana

fase do treinamento em que se encontra \_\_\_\_\_

**4.2 Somente para sedentários**

tempo sem praticar nenhuma atividade física: \_\_\_\_\_

quando praticou alguma modalidade/atividade física: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_ [ ] nunca

modalidade: \_\_\_\_\_ . Tempo: \_\_\_\_\_

tempo em que fica sentado: trabalho, dirigindo, escola, em casa: \_\_\_\_\_ horas/dia

**5 - Histórico Clínico:**

| Doença Cardíaca               | Não | Sim | Início | Especifique |
|-------------------------------|-----|-----|--------|-------------|
|                               |     |     |        |             |
| Pneumologica                  |     |     |        |             |
| Endócrina                     |     |     |        |             |
| Ortopédica                    |     |     |        |             |
| Reumatológica                 |     |     |        |             |
| Renais                        |     |     |        |             |
| Infecciosa                    |     |     |        |             |
| Diabetes Mellitus             |     |     |        |             |
| Lesão Músculo<br>Esquelético  |     |     |        |             |
| Acidente Vascular<br>Cerebral |     |     |        |             |
| Hipertensão Arterial          |     |     |        |             |
| Outras doenças                |     |     |        |             |

Cirurgias: \_\_\_\_\_

Faz uso de Medicamento(s): ( ) Sim Não ( )

Medicamento(s): \_\_\_\_\_

**6 – Informações gerais dos familiares:**

Patologia de outros parentes: \_\_\_\_\_

**7 - Exame clínico****7.1 Sinais Vitais**

| <b>FC</b><br>bpm | <b>FR</b><br>ipm | <b>PAS</b><br>mmHg | <b>PAD</b><br>mmHg |
|------------------|------------------|--------------------|--------------------|
|                  |                  |                    |                    |

**7.2 Ausculta Cardíaca**

| Foco de Ausculta Cardíaca |  |
|---------------------------|--|
| <b>Mitral</b>             |  |
| <b>Aórtico</b>            |  |
| <b>Aórtico Acessório</b>  |  |
| <b>Pulmonar</b>           |  |
| <b>Tricúspide</b>         |  |

**7.3 Ausculta Pulmonar**

| Ausculta Pulmonar |                       |                        |
|-------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>Regiões</b>    | <b>Pulmão Direito</b> | <b>Pulmão Esquerdo</b> |
| <b>Apical</b>     |                       |                        |
| <b>Medial</b>     |                       |                        |
| <b>Basal</b>      |                       |                        |

\_\_\_\_\_  
**Dr<sup>a</sup> Wanessa Nogueira Campos**  
**CRM <sup>1</sup> 65137**

**8 - Composição Corporal:**

Peso: \_\_\_\_\_ kg

Estatura: \_\_\_\_\_ cm

**8.1 mensuração de dobras cutâneas**

| MENSURAÇÃO DA GORDURA SUB-CUTÂNEA |           |           |           |         |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| Pregas Cutâneas                   | 1ª medida | 2ª medida | 3ª medida | mediana |
| Tricipital - TR                   |           |           |           |         |
| Subescapular- SB                  |           |           |           |         |
| Supra-íliaca - SI                 |           |           |           |         |
| Abdominal - AB                    |           |           |           |         |
| Pant.média - PM                   |           |           |           |         |

Responsáveis

Prof. Dr. Rodrigo Álvaro B. Lopes  
OrientadorRui Leite do Prado  
Orientando

## ANEXO D

**Tabela I** - Dados da caracterização do treinamento dos atletas de Futsal (AFS): frequência semanal (dias de treino por semana), duração de cada treino (em horas) e tempo em que pratica a modalidade em anos.(N=13)

| <b>Atletas de Futsal</b> | <b>DIAS<br/>DE<br/>TREINO<br/>(semana)</b> | <b>HORAS<br/>DE<br/>TREINO<br/>(horas)</b> | <b>TEMPO<br/>DE<br/>TREINO<br/>(anos)</b> |
|--------------------------|--|--|---|
| <b>ABF-AD</b>            | 3  | 2  | 8   |
| <b>APT-GO</b>            | 3  | 4  | 6   |
| <b>ACL-AD</b>            | 3  | 2  | 11  |
| <b>BRS-DA</b>            | 4  | 2  | 10  |
| <b>CAA-AE</b>            | 3  | 2  | 10  |
| <b>DFE-AD</b>            | 3  | 2  | 10  |
| <b>EVV-AD</b>            | 3  | 2  | 11  |
| <b>FSN-AE</b>            | 3  | 2  | 13  |
| <b>IMR-AE</b>            | 5  | 2  | 3   |
| <b>JEA-GO</b>            | 4  | 4  | 7   |
| <b>LOM-FI</b>            | 5  | 2  | 11  |
| <b>PHP-AD</b>            | 3  | 2  | 11  |
| <b>RSR-PI</b>            | 3  | 2  | 7   |
| <b>Mínimo</b>            | 3  | 2  | 3   |
| <b>1°. Quartil</b>       | 3  | 2  | 7   |
| <b>mediana</b>           | 3  | 2  | 10  |
| <b>3°. Quartil</b>       | 4  | 2  | 11  |
| <b>Máximo</b>            | 5  | 4  | 13  |
| <b>Média</b>             | 3.5  | 2.3  | 9.1                                       |
| <b>DP</b>                | 0.8  | 0.8  | 2.7                                       |

al = ala; gl = goleiro; fx= fixo; pv = pivô

DP = desvio padrão



**Tabela II** - Dados de alguns hábitos de vida dos sedentários: Tempo de inatividade em meses, tempo despendido com estudo, TV, videogame e transporte em dias, quantidade de substancia que contenha cafeína (chá, café) em xícaras por dia, e tempo de sono em horas por dia.(N=13).

| <b>Sedentários</b> | <b>inatividade</b> | <b>tempo gasto<br/>com estudo,<br/>transporte, tv,<br/>videogame</b> | <b>chá, café</b>   | <b>Sono</b>      |
|--------------------|--------------------|--|--------------------|------------------|
|                    | <b>(meses)</b>     | <b>horas/dia</b>   | <b>xícaras/dia</b> | <b>horas/dia</b> |
| <b>ADC</b>         | 36                 | 12   | 5                  | 9                |
| <b>ADS</b>         | 12                 | 15   | 2                  | 9                |
| <b>AHH</b>         | 8                  | 17   | 0                  | 12               |
| <b>BRS</b>         | 24                 | 18   | 0                  | 8                |
| <b>BTM</b>         | 24                 | 12   | 1                  | 8                |
| <b>DRK</b>         | 7                  | 14   | 1                  | 8                |
| <b>EHC</b>         | 12                 | 10   | 0                  | 11               |
| <b>FBS</b>         | 24                 | 13   | 1                  | 9                |
| <b>JFC</b>         | 36                 | 16   | 0                  | 8                |
| <b>JEB</b>         | 36                 | 10   | 1                  | 8                |
| <b>PLC</b>         | 12                 | 8  | 2                  | 6                |
| <b>RPM</b>         | 10                 | 15   | 0                  | 7                |
| <b>WBB</b>         | 24                 | 12   | 0                  | 6                |
| <b>Mínimo</b>      | 7                  | 8  | 0                  | 6                |
| <b>1°.Quartil</b>  | 12                 | 12   | 0                  | 8                |
| <b>mediana</b>     | 24                 | 13   | 1                  | 8                |
| <b>3°.Quartil</b>  | 24                 | 15   | 1                  | 9                |
| <b>Máximo</b>      | 36                 | 18   | 5                  | 12               |
| <b>Média</b>       | 20.38              | 13.23  | 1.00               | 8.38             |
| <b>DP</b>          | 10.94              | 2.95   | 1.41               | 1.71             |

DP = desvio padrão

**Tabela III** - Dados da umidade relativa do ar (URA) em porcentagem (%), da pressão barométrica (PB) em mililitro de mercúrio (mmHg) e da temperatura (T) em grau Celsius (°C) da sala de experimento mantidas nos dias da realização do TEFDC-D do grupo de atletas de Futsal (N=13) e do grupo de sedentários (N=13).

| Grupo atletas  | URA (%) | PB (mmHg) | T (°C) | Grupo sedentário | URA (%) | PB (mmHg) | T (°C) |
|----------------|---------|-----------|--------|------------------|---------|-----------|--------|
| ABF            | 70      | 710       | 24     | ADC              | 70      | 711       | 23     |
| APT            | 50      | 706       | 24     | ADS              | 58      | 711       | 23     |
| ACL            | 45      | 711       | 24     | AHH              | 62      | 710       | 23     |
| BRS            | 42      | 711       | 24     | BRS              | 68      | 708       | 21     |
| CAA            | 42      | 711       | 24     | BTM              | 45      | 710       | 24     |
| DFF            | 41      | 711       | 24     | DRK              | 71      | 713       | 23     |
| EVV            | 66      | 710       | 24     | EHC              | 63      | 711       | 23     |
| FSN            | 50      | 711       | 24     | FBS              | 54      | 710       | 23     |
| IMR            | 68      | 711       | 24     | JFC              | 70      | 710       | 23     |
| JEA            | 70      | 710       | 25     | JEB              | 71      | 713       | 23     |
| LOM            | 50      | 706       | 24     | PLC              | 40      | 710       | 24     |
| PHP            | 70      | 711       | 23     | RPM              | 60      | 712       | 24     |
| RSR            | 70      | 711       | 24     | WBB              | 45      | 711       | 24     |
| <b>Mínimo</b>  | 41      | 706       | 23     | <b>Mínimo</b>    | 40      | 708       | 21     |
| <b>1°.Q</b>    | 45      | 710       | 24     | <b>1° Q</b>      | 54      | 710       | 23     |
| <b>mediana</b> | 50      | 711       | 24     | <b>mediana</b>   | 62      | 711       | 23     |
| <b>3°.Q</b>    | 70      | 711       | 24     | <b>3° Q</b>      | 70      | 711       | 24     |
| <b>Máximo</b>  | 70      | 711       | 25     | <b>Máximo</b>    | 71      | 713       | 24     |
| <b>Média</b>   | 56.46   | 710.00    | 24.00  | <b>Média</b>     | 59.77   | 710.77    | 23.15  |
| <b>DP</b>      | 12.49   | 1.83      | 0.41   | <b>DP</b>        | 10.83   | 1.36      | 0.80   |

Q = quartil; DP = desvio padrão.

**Tabela IV** - Dados das dobras cutâneas em milímetros(mm) e somatória ( ) das 5 dobras cutâneas do percentual de gordura(%) obtidos dos atletas de Futsal (N=13)

| voluntários    | Tríceps<br>(mm) | Sub<br>escapular<br>(mm) | supra<br>ilíaca<br>(mm) | Abdominal<br>(mm) | Panturrilha<br>média(mm) | (Ó) das<br>dobras<br>(%) |
|----------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| ABF            | 10              | 9.5                      | 9.5                     | 10.5              | 7.5                      | 12.97                    |
| APT            | 6.5             | 12.5                     | 13.5                    | 19                | 8.5                      | 14.96                    |
| ACL            | 5               | 7.5                      | 4.5                     | 6.5               | 6                        | 10.3                     |
| BRS            | 11              | 11                       | 9.5                     | 11.5              | 14                       | 14.5                     |
| CAA            | 11.5            | 13.5                     | 8                       | 16.5              | 16                       | 15.8                     |
| DFE            | 11              | 8                        | 9.5                     | 12                | 11                       | 13.68                    |
| EVV            | 12.5            | 12                       | 16                      | 26                | 14                       | 18.02                    |
| FSN            | 9               | 9.5                      | 10                      | 12                | 8                        | 11.9                     |
| IMR            | 8               | 9                        | 7                       | 9.5               | 8                        | 12.13                    |
| JEA            | 8               | 9.5                      | 5.5                     | 12.5              | 8.5                      | 12.52                    |
| LOM            | 7               | 9                        | 10                      | 11                | 9.5                      | 12.91                    |
| PHP            | 8               | 9                        | 9.4                     | 7                 | 8                        | 12.12                    |
| RSR            | 8               | 8.5                      | 7                       | 9.5               | 7                        | 11.9                     |
| <b>Mínimo</b>  | 5               | 7.5                      | 4.5                     | 6.5               | 6                        | 10.3                     |
| <b>1°.Q</b>    | 8               | 9                        | 7                       | 9.5               | 8                        | 12.12                    |
| <b>mediana</b> | 8               | 9                        | 9.4                     | 11                | 8                        | 12.52                    |
| <b>3°.Q</b>    | 11              | 11                       | 10                      | 12.5              | 11                       | 14.5                     |
| <b>Máximo</b>  | 12.5            | 13.5                     | 16                      | 26                | 16                       | 18.02                    |
| <b>Média</b>   | 8.88            | 9.88                     | 9.18                    | 12.58             | 9.69                     | 13.36                    |
| <b>DP</b>      | 2.19            | 1.82                     | 3.07                    | 5.26              | 3.11                     | 2.03                     |

Q = quartil; DP = desvio padrão.

**Tabela V** - Dados das dobras cutâneas em milímetros(mm) e somatória ( ) das 5 dobras do percentual de gordura(%) obtidos dos sedentários (N=13)

| <b>Voluntários</b> | <b>Tríceps<br/>(cm)</b> | <b>Subscapular<br/>(cm)</b> | <b>Supra<br/>ilíaca<br/>(cm)</b> | <b>Abdominal<br/>(cm)</b> | <b>Panturrilha<br/>média (cm)</b> | <b>(Ó) das<br/>dobras<br/>(%).</b> |
|--------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| <b>ADC</b>         | 8.5                     | 11.5                        | 10                               | 14.5                      | 8.5                               | 13.89                              |
| <b>ADS</b>         | 5.5                     | 7                           | 5                                | 6.5                       | 10                                | 10.99                              |
| <b>AHH</b>         | 15                      | 10                          | 18                               | 29                        | 16.5                              | 19.32                              |
| <b>BRS</b>         | 7.4                     | 10                          | 9                                | 13                        | 12.3                              | 13.69                              |
| <b>BTM</b>         | 11.5                    | 14                          | 20.5                             | 20.5                      | 15.3                              | 18.3                               |
| <b>DRK</b>         | 7                       | 8.5                         | 7.5                              | 10.5                      | 10.2                              | 12.47                              |
| <b>EHC</b>         | 6                       | 6.5                         | 5                                | 7                         | 6                                 | 10.45                              |
| <b>FBS</b>         | 11.5                    | 15                          | 12                               | 25                        | 12                                | 17.33                              |
| <b>JFC</b>         | 5.5                     | 7.5                         | 5.5                              | 10.5                      | 7                                 | 11.29                              |
| <b>JEB</b>         | 8.5                     | 9                           | 7                                | 13.5                      | 9                                 | 12.97                              |
| <b>PLC</b>         | 7.5                     | 9.9                         | 6.2                              | 10                        | 9.2                               | 12.33                              |
| <b>RPM</b>         | 15                      | 12.5                        | 12                               | 18.5                      | 13.5                              | 16.72                              |
| <b>WBB</b>         | 9.5                     | 11                          | 9.6                              | 12.3                      | 13.4                              | 14.32                              |
| <b>Mínimo</b>      | 5.5                     | 6.5                         | 5                                | 6.5                       | 6                                 | 10.45                              |
| <b>1°.Q</b>        | 7                       | 8.5                         | 6.2                              | 10.5                      | 9                                 | 12.33                              |
| <b>mediana</b>     | 7.5                     | 9.9                         | 7.5                              | 12.3                      | 10                                | 12.97                              |
| <b>3°.Q</b>        | 11.5                    | 11.5                        | 12                               | 18.5                      | 13.4                              | 16.72                              |
| <b>Máximo</b>      | 15                      | 15                          | 20.5                             | 29                        | 16.5                              | 19.32                              |
| <b>Média</b>       | 9.11                    | 10.18                       | 9.79                             | 14.68                     | 10.99                             | 14.16                              |
| <b>DP</b>          | 3.26                    | 2.60                        | 4.85                             | 6.79                      | 3.16                              | 2.89                               |

Q = quartil ; DP = desvio padrão

**Tabela VI** - Dados da idade em anos, peso em quilograma (kg), estatura em centímetros (cm). Grupo atletas de fustas (AFS) e sedentários (SED).

| <b>Grupo AFS</b> | <b>Idade (anos)</b> | <b>Peso (kg)</b> | <b>Estatura (cm)</b> | <b>Grupo SED</b> | <b>Idade (anos)</b> | <b>Peso (kg)</b> | <b>Estatura (cm)</b> |
|------------------|---------------------|------------------|----------------------|------------------|---------------------|------------------|----------------------|
| <b>ABF</b>       | 18                  | 63               | 171                  | <b>ADC</b>       | 17                  | 61.5             | 162                  |
| <b>APT</b>       | 16                  | 71.0             | 170.0                | <b>ADS</b>       | 17                  | 52.5             | 169                  |
| <b>ACL</b>       | 18                  | 61.0             | 175.0                | <b>AHH</b>       | 16                  | 68.4             | 183                  |
| <b>BRS</b>       | 16                  | 62               | 170.0                | <b>BRS</b>       | 18                  | 61               | 178                  |
| <b>CAA</b>       | 16                  | 66.7             | 167.0                | <b>BTM</b>       | 16                  | 49.6             | 167                  |
| <b>DFE</b>       | 17                  | 69               | 174.0                | <b>DRK</b>       | 17                  | 61.2             | 177                  |
| <b>EVV</b>       | 17                  | 72               | 174.0                | <b>EHC</b>       | 16                  | 56.4             | 173                  |
| <b>FSN</b>       | 17                  | 66               | 181.0                | <b>FBS</b>       | 17                  | 79.8             | 180                  |
| <b>IMR</b>       | 17                  | 68.5             | 178.0                | <b>JFC</b>       | 16                  | 49.6             | 167                  |
| <b>JEA</b>       | 18                  | 76               | 186.0                | <b>JEB</b>       | 17                  | 65               | 174                  |
| <b>LOM</b>       | 16                  | 58               | 174.0                | <b>PLC</b>       | 17                  | 61.8             | 169                  |
| <b>PHP</b>       | 16                  | 60               | 177.0                | <b>RPM</b>       | 17                  | 61.5             | 173                  |
| <b>RSR</b>       | 16                  | 57               | 176.0                | <b>WBB</b>       | 18                  | 62               | 167                  |
| <b>Mín</b>       | 16                  | 57               | 167                  | <b>Mín</b>       | 16                  | 49.6             | 162                  |
| <b>1°.Q</b>      | 16                  | 61               | 171                  | <b>1°. Q</b>     | 16                  | 56.4             | 167                  |
| <b>med</b>       | 16                  | 62.8             | 174                  | <b>med</b>       | 17                  | 61.2             | 169                  |
| <b>3°Q</b>       | 17                  | 69               | 177                  | <b>3°. Q</b>     | 17                  | 62               | 177                  |
| <b>Máx</b>       | 18                  | 76               | 186                  | <b>Máx</b>       | 18                  | 79.8             | 183                  |
| <b>Média</b>     | 16.77               | 65.38            | 174.85               | <b>Média</b>     | 16.85               | 60.79            | 172.23               |
| <b>DP</b>        | 0.83                | 5.80             | 5.03                 | <b>DP</b>        | 0.69                | 8.06             | 6.08                 |

DP = desvio padrão

**Tabela VII** - Dados da frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm), frequência respiratória (FR) em respiração por minuto (rpm), de pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial diastólica (PAD) em milímetros de mercúrio (mmHg), durante o repouso (r), realizados pelos atletas de Futsal – AFS (N=13).

| <b>GRUPO AFS</b> | <b>FCr (bpm)</b> | <b>FRr (rpm)</b> | <b>PASr (mmHg)</b> | <b>PADr (mmHg)</b> | <b>GRUPO SED</b> | <b>FCr (bpm)</b> | <b>FRr (rpm)</b> | <b>PASr (mmHg)</b> | <b>PADr (mmHg)</b> |
|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| <b>ABF</b>       | 80               | 20               | 130                | 80                 | <b>ADC</b>       | 88               | 25               | 120                | 80                 |
| <b>APT</b>       | 58               | 18               | 120                | 80                 | <b>ADS</b>       | 89               | 14               | 120                | 80                 |
| <b>ACL</b>       | 62               | 16               | 110                | 70                 | <b>AHH</b>       | 68               | 15               | 100                | 70                 |
| <b>BRS</b>       | 60               | 12               | 120                | 80                 | <b>BRS</b>       | 80               | 16               | 120                | 80                 |
| <b>CAA</b>       | 66               | 14               | 130                | 90                 | <b>BTM</b>       | 70               | 17               | 120                | 80                 |
| <b>DEF</b>       | 65               | 13               | 110                | 80                 | <b>DRK</b>       | 76               | 14               | 110                | 80                 |
| <b>EVV</b>       | 61               | 19               | 120                | 80                 | <b>EHC</b>       | 79               | 21               | 110                | 80                 |
| <b>FSN</b>       | 58               | 17               | 100                | 70                 | <b>FBS</b>       | 80               | 13               | 110                | 70                 |
| <b>IMR</b>       | 70               | 18               | 100                | 70                 | <b>JFC</b>       | 60               | 15               | 100                | 70                 |
| <b>JEA</b>       | 75               | 16               | 120                | 70                 | <b>JEB</b>       | 60               | 14               | 110                | 70                 |
| <b>LOM</b>       | 55               | 12               | 110                | 70                 | <b>PLC</b>       | 70               | 16               | 120                | 80                 |
| <b>PHP</b>       | 60               | 13               | 110                | 70                 | <b>RPM</b>       | 74               | 18               | 110                | 60                 |
| <b>RSR</b>       | 60               | 17               | 100                | 60                 | <b>WBB</b>       | 75               | 17               | 100                | 70                 |
| <b>Mín</b>       | 55               | 12               | 100                | 60                 | <b>Mín</b>       | 60               | 13               | 100                | 60                 |
| <b>1°.Q</b>      | 60               | 13               | 110                | 70                 | <b>1°.Q</b>      | 70               | 14               | 110                | 70                 |
| <b>med</b>       | 61               | 16               | 110                | 70                 | <b>med</b>       | 75               | 16               | 110                | 80                 |
| <b>3° Q</b>      | 66               | 18               | 120                | 80                 | <b>3°.Q</b>      | 80               | 17               | 120                | 80                 |
| <b>Máx</b>       | 80               | 20               | 130                | 90                 | <b>Máx</b>       | 89               | 25               | 120                | 80                 |
| <b>Média</b>     | 63.85            | 15.77            | 113.85             | 74.62              | <b>Média</b>     | 74.54            | 16.54            | 111.54             | 74.62              |
| <b>DP</b>        | 7.26             | 2.71             | 10.44              | 7.76               | <b>DP</b>        | 9.03             | 3.31             | 8.01               | 6.60               |

DP = desvio padrão

**Tabela VIII** - Dados da massa gorda absoluta (MGA) e massa magra absoluta (MMA) em quilograma, do grupo de atletas de Futsal (N=13) e do grupo de sedentários (N=13).

| <b>Grupo atletas</b> | <b>MGA (Kg)</b> | <b>MMA (Kg)</b> | <b>Grupo sedentários</b> | <b>MGA (Kg)</b> | <b>MMA (Kg)</b> |
|----------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
| ABF                  | 8.15            | 54.65           | ADC                      | 8.54            | 52.96           |
| APT                  | 10.89           | 61.91           | ADS                      | 5.77            | 46.73           |
| ACL                  | 6.28            | 54.72           | AHH                      | 13.21           | 55.19           |
| BRS                  | 8.99            | 53.01           | BRS                      | 8.35            | 52.65           |
| CAA                  | 10.54           | 56.16           | BTM                      | 9.08            | 40.52           |
| DFE                  | 9.44            | 59.56           | DRK                      | 7.63            | 53.57           |
| EVV                  | 12.98           | 59.02           | EHC                      | 5.89            | 50.51           |
| FSN                  | 7.86            | 58.14           | FBS                      | 13.83           | 65.97           |
| IMR                  | 8.13            | 60.49           | JFC                      | 5.6             | 44              |
| JEA                  | 9.51            | 66.49           | JEB                      | 8.43            | 56.57           |
| LOM                  | 7.49            | 50.51           | PLS                      | 7.62            | 54.18           |
| PHP                  | 7.27            | 52.73           | RPM                      | 10.28           | 51.22           |
| RSR                  | 6.78            | 50.22           | WBB                      | 8.88            | 53.12           |
| <b>Mínimo</b>        | 6.28            | 50.22           | <b>Máximo</b>            | 5.6             | 40.52           |
| <b>1°.Q</b>          | 7.49            | 53.01           | <b>1°.Q</b>              | 7.62            | 50.51           |
| <b>mediana</b>       | 8.15            | 56.16           | <b>mediana</b>           | 8.43            | 52.96           |
| <b>3°.Q</b>          | 9.51            | 59.56           | <b>3°.Q</b>              | 9.08            | 54.18           |
| <b>Máximo</b>        | 12.98           | 66.49           | <b>Mínimo</b>            | 13.83           | 65.97           |
| <b>Média</b>         | 8.79308         | 56.7392         | <b>Média</b>             | 8.70077         | 52.0915         |
| <b>DP</b>            | 1.87217         | 4.75277         | <b>DP</b>                | 2.54875         | 6.20699         |

Q = quartil; DP = desvio padrão.

**Tabela IX** - Dados de frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm), consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) em mililitros por quilograma por minuto (ml/kg/min), ventilação pulmonar (VE), produção de dióxido de carbono (VCO<sub>2</sub>) e VO<sub>2</sub> em litros por minuto (l/min) e potência (P) em Wats (W) obtidos no limiar ventilatório 1 (LV1) durante o TEFDC-D, realizados pelos atletas de Futsal (N=13)

| <b>atletas</b>    | <b>VO2<br/>(ml/kg/min)</b> | <b>FC<br/>(bpm)</b> | <b>P<br/>(w)</b> | <b>VE<br/>(l/min)</b> | <b>VO<sub>2</sub><br/>(l/min)</b> | <b>VCO<sub>2</sub><br/>(l/min)</b> |
|-------------------|----------------------------|---------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| <b>ABF-AL-</b>    | 41.88                      | 159                 | 337.5            | 65                    | 2.63                              | 2.29                               |
| <b>APT-GL-</b>    | 44.65                      | 174                 | 319.5            | 88.5                  | 3.17                              | 2.94                               |
| <b>ACL-AL-</b>    | 43.77                      | 165                 | 327.8            | 74                    | 2.67                              | 2.19                               |
| <b>BRS-AL-</b>    | 36.61                      | 159                 | 333.2            | 55.2                  | 2.27                              | 2.05                               |
| <b>CAA-AL-</b>    | 39.88                      | 171                 | 358.5            | 72.4                  | 2.66                              | 2.43                               |
| <b>DFE-AL-</b>    | 35.94                      | 171                 | 370.8            | 61.3                  | 2.48                              | 2.19                               |
| <b>EVV-AL-</b>    | 30.28                      | 150                 | 324              | 54.1                  | 2.18                              | 1.92                               |
| <b>FSN-AL-</b>    | 43.64                      | 160                 | 354.7            | 85.3                  | 2.88                              | 2.92                               |
| <b>IMR-AL-</b>    | 47.59                      | 168                 | 579.5            | 101.9                 | 3.26                              | 3.26                               |
| <b>JEA-GL-</b>    | 46.45                      | 157                 | 408.4            | 86.6                  | 3.53                              | 3.3                                |
| <b>LOM-FX-</b>    | 32.59                      | 163                 | 261              | 53.8                  | 1.89                              | 1.86                               |
| <b>PHP-AL-</b>    | 35.67                      | 159                 | 322.5            | 61.6                  | 2.14                              | 2.23                               |
| <b>RSR-PV-</b>    | 75.61                      | 176                 | 549.7            | 109.1                 | 4.31                              | 4.01                               |
| <b>Mínimo</b>     | 30.28                      | 150                 | 261              | 53.8                  | 1.89                              | 1.86                               |
| <b>1º.Quartil</b> | 35.94                      | 159                 | 324              | 61.3                  | 2.27                              | 2.19                               |
| <b>mediana</b>    | 41.88                      | 163                 | 337.5            | 72.4                  | 2.66                              | 2.29                               |
| <b>3º.Quartil</b> | 44.65                      | 171                 | 370.8            | 86.6                  | 3.17                              | 2.94                               |
| <b>Máximo</b>     | 75.61                      | 176                 | 579.5            | 109.1                 | 4.31                              | 4.01                               |
| <b>Média</b>      | 42.66                      | 164.00              | 372.85           | 74.52                 | 2.77                              | 2.58                               |
| <b>DP</b>         | 11.27                      | 7.62                | 91.70            | 18.39                 | 0.66                              | 0.65                               |

AL = ala; GL = goleiro; FX = fixo; PV = pivô; DP = desvio padrão



**Tabela X** - Dados de frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm), consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) em mililitros por quilograma por minuto (ml/kg/min), ventilação pulmonar (VE), produção de dióxido de carbono (VCO<sub>2</sub>) e VO<sub>2</sub> em litros por minuto (l/min) e potência (P) em Wats (W) obtidos no limiar ventilatório 1 (LV1) durante o TEFDC-D , realizados pelos sedentários - SED (N=13).

| <b>SED</b>         | <b>VO<sub>2</sub></b><br><b>(ml/kg/min)</b> | <b>FC</b><br><b>(bpm)</b> | <b>P</b><br><b>(w)</b> | <b>VE</b><br><b>(l/min)</b> | <b>VO<sub>2</sub></b><br><b>(l/min)</b> | <b>VCO<sub>2</sub></b><br><b>(l/min)</b> |
|--------------------|---|---------------------------|------------------------|-----------------------------|---|--|
| <b>ADC</b>         | 28.29                                       | 150                       | 210                    | 46.8                        | 1.74                                    | 1.68                                     |
| <b>ADS</b>         | 35.43                                       | 180                       | 179.2                  | 52                          | 1.86                                    | 1.8                                      |
| <b>AHH</b>         | 31.58                                       | 165                       | 233.5                  | 55.3                        | 2.16                                    | 2.04                                     |
| <b>BRS</b>         | 35.25                                       | 168                       | 225.9                  | 56.7                        | 2.15                                    | 2.09                                     |
| <b>BTM</b>         | 36.61                                       | 166                       | 211.7                  | 53.1                        | 2.27                                    | 2.09                                     |
| <b>DRK</b>         | 34.15                                       | 147                       | 208.9                  | 52.7                        | 2.09                                    | 2.08                                     |
| <b>EHC</b>         | 25.71                                       | 153                       | 153.7                  | 36.9                        | 1.45                                    | 1.18                                     |
| <b>FBS</b>         | 32.58                                       | 180                       | 272.4                  | 83.3                        | 2.6                                     | 2.5                                      |
| <b>JFC</b>         | 39.92                                       | 176                       | 169                    | 58.3                        | 1.98                                    | 1.99                                     |
| <b>JEB</b>         | 38.15                                       | 115                       | 211.9                  | 68.9                        | 2.48                                    | 2.09                                     |
| <b>PLC</b>         | 37.22                                       | 165                       | 211                    | 54.3                        | 2.3                                     | 1.99                                     |
| <b>RPM</b>         | 31.54                                       | 181                       | 210                    | 46.5                        | 1.94                                    | 1.86                                     |
| <b>WBB</b>         | 37.76                                       | 159                       | 211                    | 53.2                        | 2.21                                    | 1.8                                      |
| <b>Mínimo</b>      | 25.71                                       | 115                       | 153.7                  | 36.9                        | 1.45                                    | 1.18                                     |
| <b>1°. Quartil</b> | 31.58                                       | 153                       | 208.9                  | 52                          | 1.94                                    | 1.8                                      |
| <b>mediana</b>     | 35.25                                       | 165                       | 211                    | 53.2                        | 2.15                                    | 1.99                                     |
| <b>3°. Quartil</b> | 37.22                                       | 176                       | 211.9                  | 56.7                        | 2.27                                    | 2.09                                     |
| <b>Máximo</b>      | 39.92                                       | 181                       | 272.4                  | 83.3                        | 2.6                                     | 2.5                                      |
| <b>Média</b>       | 34.17                                       | 161.92                    | 208.32                 | 55.23                       | 2.09                                    | 1.94                                     |
| <b>DP</b>          | 4.10  | 18.13                     | 29.54                  | 11.17                       | 0.31                                    | 0.30                                     |

DP = desvio padrão

**Tabela XI** - Dados de frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm), consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) em mililitros por quilograma por minuto (ml/kg/min), ventilação pulmonar (VE), produção de dióxido de carbono (VCO<sub>2</sub>) e VO<sub>2</sub> em litros por minuto (l/min) e potência (P) em Wats (W) obtidos no pico de esforço (PE) durante o TEFDC-D, realizados pelos atletas de Futsal – AFS (N=13)

| <b>AFS</b>        | <b>VO<sub>2</sub></b><br><b>(ml/kg/min)</b> | <b>FC</b><br><b>(bpm)</b> | <b>P</b><br><b>(w)</b> | <b>VE</b><br><b>(l/min)</b> | <b>VO<sub>2</sub></b><br><b>(l/min)</b> | <b>VCO<sub>2</sub></b><br><b>(l/min)</b> |
|-------------------|---|---------------------------|------------------------|-----------------------------|---|--|
| <b>ABF-AL-</b>    | 64.49                                       | 150                       | 768.7                  | 118.1                       | 4.05                                    | 4.08                                     |
| <b>APT-GL-</b>    | 48.31                                       | 197                       | 522                    | 126.5                       | 3.43                                    | 3.74                                     |
| <b>ACL-AL-</b>    | 58.68                                       | 174                       | 588.2                  | 110.2                       | 3.58                                    | 3.33                                     |
| <b>BRS-AL-</b>    | 49.19                                       | 185                       | 524.4                  | 56.3                        | 3.05                                    | 2.2                                      |
| <b>CAA-AL-</b>    | 49.63                                       | 185                       | 643.2                  | 100.03                      | 3.31                                    | 3.42                                     |
| <b>DFE-AL-</b>    | 46.52                                       | 195                       | 665.4                  | 75.3                        | 3.21                                    | 2.93                                     |
| <b>EVV-AL-</b>    | 51.53                                       | 193                       | 785                    | 103.7                       | 3.71                                    | 3.85                                     |
| <b>FSN-AL-</b>    | 58.18                                       | 197                       | 719.6                  | 134.9                       | 3.84                                    | 4.68                                     |
| <b>IMR-AL-</b>    | 55.91                                       | 181                       | 838.5                  | 136.9                       | 3.83                                    | 4.49                                     |
| <b>JEA-GL-</b>    | 52.89                                       | 191                       | 480                    | 110.8                       | 4                                       | 4  |
| <b>LOM-FX-</b>    | 49.83                                       | 191                       | 559.3                  | 105.7                       | 2.89                                    | 3.59                                     |
| <b>PHP-AL-</b>    | 51.17                                       | 197                       | 654.2                  | 119.2                       | 3.07                                    | 4.04                                     |
| <b>RSR-PV-</b>    | 77.89                                       | 166                       | 667.7                  | 121.2                       | 4.44                                    | 4.66                                     |
| <b>Mínimo</b>     | 46.52                                       | 150                       | 480                    | 56.3                        | 2.89                                    | 2.2                                      |
| <b>1°.Quartil</b> | 49.63                                       | 181                       | 559.3                  | 103.7                       | 3.21                                    | 3.42                                     |
| <b>mediana</b>    | 51.53                                       | 191                       | 654.2                  | 110.8                       | 3.58                                    | 3.85                                     |
| <b>3°.Quartil</b> | 58.18                                       | 195                       | 719.6                  | 121.2                       | 3.84                                    | 4.08                                     |
| <b>Máximo</b>     | 77.89                                       | 197                       | 838.5                  | 136.9                       | 4.44                                    | 4.68                                     |
| <b>Média</b>      | 54.94*                                      | 184.77                    | 647.40                 | 109.14                      | 3.57                                    | 3.77                                     |
| <b>DP</b>         | 8.54  | 14.11                     | 110.42                 | 22.60                       | 0.46                                    | 0.70                                     |

Valores de referência \* VO<sub>2</sub> relativo = 56,66; (Barros Neto, 1999).

DP = desvio padrão.

**Tabela XII** - Dados de frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm), consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) em mililitros por quilograma por minuto (ml/kg/min), ventilação pulmonar (VE), produção de dióxido de carbono (VCO<sub>2</sub>) e VO<sub>2</sub> em litros por minuto (l/min) e potência (P) em Wats (W) obtidos no pico de esforço (PE) durante o TEFDC-D, realizados pelos sedentários (N=13)

| <b>Voluntários</b> | <b>VO<sub>2</sub></b><br><b>(ml/kg/min)</b> | <b>FC</b><br><b>(bpm)</b> | <b>P</b><br><b>(w)</b> | <b>VE</b><br><b>(l/min)</b> | <b>VO<sub>2</sub></b><br><b>(l/min)</b> | <b>VCO<sub>2</sub></b><br><b>(l/min)</b> |
|--------------------|---|---------------------------|------------------------|-----------------------------|---|--|
| <b>ADC</b>         | 34.47                                       | 168                       | 257                    | 58.2                        | 2.12                                    | 2.19                                     |
| <b>ADS</b>         | 37.52                                       | 189                       | 219.4                  | 62.4                        | 1.97                                    | 2.01                                     |
| <b>AHH</b>         | 38.01                                       | 174                       | 285.5                  | 72.4                        | 2.6                                     | 2.6                                      |
| <b>BRS</b>         | 42.62                                       | 187                       | 274                    | 73.5                        | 2.6                                     | 2.43                                     |
| <b>BTM</b>         | 43.23                                       | 178                       | 211.7                  | 70.4                        | 2.68                                    | 2.54                                     |
| <b>DRK</b>         | 39.38                                       | 169                       | 255.8                  | 68.8                        | 2.41                                    | 2.58                                     |
| <b>EHC</b>         | 34.57                                       | 191                       | 192.5                  | 61.9                        | 1.95                                    | 1.9                                      |
| <b>FBS</b>         | 38  | 189                       | 333.5                  | 101.7                       | 3.05                                    | 2.93                                     |
| <b>JFC</b>         | 43.15                                       | 191                       | 169.3                  | 72.4                        | 2.06                                    | 2.12                                     |
| <b>JEB</b>         | 41.23                                       | 156                       | 271.6                  | 74.5                        | 2.68                                    | 2.27                                     |
| <b>PLC</b>         | 37.86                                       | 174                       | 258.3                  | 57                          | 2.34                                    | 1.98                                     |
| <b>RPM</b>         | 37.4  | 189                       | 257                    | 57                          | 2.3                                     | 2.04                                     |
| <b>WBB</b>         | 41.42                                       | 168                       | 258.3                  | 63.1                        | 2.56                                    | 2.13                                     |
| <b>Mínimo</b>      | 34.47                                       | 156                       | 169.3                  | 57                          | 1.95                                    | 1.9                                      |
| <b>1º. Quartil</b> | 37.52                                       | 169                       | 219.4                  | 61.9                        | 2.12                                    | 2.04                                     |
| <b>mediana</b>     | 38.01                                       | 178                       | 257                    | 68.8                        | 2.41                                    | 2.19                                     |
| <b>3º. Quartil</b> | 41.42                                       | 189                       | 271.6                  | 72.4                        | 2.6                                     | 2.54                                     |
| <b>Máximo</b>      | 43.23                                       | 191                       | 333.5                  | 101.7                       | 3.05                                    | 2.93                                     |
| <b>Média</b>       | 39.14*                                      | 178.69                    | 249.53                 | 68.72                       | 2.41                                    | 2.29                                     |
| <b>DP</b>          | 2.99  | 11.45                     | 42.59                  | 11.82                       | 0.33                                    | 0.31                                     |

Valores de referência \* VO<sub>2</sub> relativo = 37,5 (AHA, 1999)

DP = desvio padrão.

**Tabela XIII** - Valores dos índices temporais iRR médios, SDNN e RMSSD em milissegundos (ms) nas fases de aquecimento (AQ), do limiar ventilatório 1 (LV1), pico do esforço (PE), e recuperação ativa (RA) com um período de 3 minutos cada fase, obtidos no teste de esforço físico dinâmico do tipo degraus. Atletas de Futsal (AFT) n=13.

| Atletas de Futsal | iRR médios ms | SDNN (ms) | RMSSD (ms) | iRR médios (ms) | SDNN (ms) | RMSSD (ms) | iRR médios (ms) | SDNN (ms) | RMSSD (ms) | iRR médios (ms) | SDNN (ms) | RMSSD (ms) |
|-------------------|---------------|-----------|------------|-----------------|-----------|------------|-----------------|-----------|------------|-----------------|-----------|------------|
|                   | (AQ)          | (AQ)      | (AQ)       | (LVI)           | (LVI)     | (LVI)      | (PE)            | (PE)      | (PE)       | (RA)            | (RA)      | (RA)       |
| ABFal             | 611.72        | 50.31     | 20.94      | 396.12          | 10.43     | 4.29       | 332.57          | 5.23      | 6.45       | 321.44          | 9.45      | 8.35       |
| APTgl             | 669.32        | 75.45     | 38.56      | 370.74          | 18.95     | 3.72       | 321.20          | 6.88      | 4.80       | 317.82          | 14.95     | 5.70       |
| ACLal             | 911.44        | 65.79     | 58.68      | 380.41          | 8.79      | 4.03       | 340.22          | 12.18     | 3.75       | 319.45          | 4.57      | 3.87       |
| BRSal             | 686.59        | 86.27     | 41.11      | 429.77          | 19.01     | 4.68       | 359.07          | 8.38      | 4.89       | 336.41          | 10.96     | 12.72      |
| CAAal             | 555.12        | 70.62     | 15.53      | 353.64          | 5.77      | 2.92       | 335.59          | 4.65      | 3.24       | 330.12          | 8.41      | 3.29       |
| DFFal             | 580.79        | 41.34     | 11.63      | 374.71          | 13.66     | 3.55       | 319.96          | 5.14      | 3.51       | 314.21          | 13.14     | 3.91       |
| EVVal             | 666.97        | 70.43     | 21.12      | 413.07          | 14.72     | 5.05       | 316.21          | 13.42     | 21.04      | 365.41          | 44.59     | 11.71      |
| FSNal             | 891.00        | 94.11     | 73.41      | 461.30          | 22.80     | 9.78       | 341.39          | 10.06     | 11.07      | 319.58          | 8.90      | 13.09      |
| IMRal             | 629.75        | 69.57     | 21.87      | 363.17          | 6.78      | 5.94       | 336.93          | 5.31      | 6.73       | 358.63          | 38.47     | 6.18       |
| JEAgI             | 554.92        | 66.54     | 16.66      | 345.39          | 18.64     | 20.02      | 339.66          | 16.72     | 18.40      | 335.05          | 26.27     | 14.08      |
| LOMfx             | 754.95        | 105.89    | 35.10      | 392.22          | 14.51     | 4.36       | 338.92          | 5.33      | 4.78       | 325.91          | 6.93      | 4.42       |
| PHPal             | 642.29        | 68.10     | 29.20      | 410.52          | 10.47     | 5.13       | 324.81          | 6.82      | 4.96       | 316.90          | 13.89     | 4.86       |
| RSRpv             | 670.03        | 56,21     | 26.20      | 345.34          | 8.01      | 11.77      | 335.09          | 8.45      | 11.22      | 336.78          | 24.80     | 12.09      |
| Mínimo            | 554.92        | 41.34     | 11.63      | 345.34          | 5.77      | 2.92       | 316.21          | 4.65      | 3.24       | 314.21          | 4.57      | 3.29       |
| 1º.Quartil        | 611.72        | 66.35     | 20.94      | 356.02          | 8.21      | 3.80       | 324.81          | 5.31      | 4.78       | 319.45          | 8.90      | 4.42       |
| mediana           | 666.97        | 70.00     | 26.20      | 380.41          | 13.66     | 4.68       | 335.59          | 6.88      | 4.96       | 325.91          | 13.14     | 6.18       |
| 3º.Quartil        | 686.59        | 78.15     | 38.56      | 410.52          | 18.64     | 5.94       | 339.66          | 10.06     | 11.07      | 336.41          | 24.80     | 12.09      |
| Máximo            | 911.44        | 105.89    | 73.41      | 461.30          | 22.80     | 20.02      | 359.07          | 16.72     | 21.04      | 365.41          | 44.59     | 14.08      |
| DQ                | 49.14         | 9.86      | 7.35       | 27.25           | 5.22      | 1.05       | 7.43            | 2.37      | 3.146      | 8.48            | 7.95      | 3.84       |
| CVQ%              | 7.44          | 12.90     | 24.71      | 7.11            | 38.88     | 31.33      | 2.23            | 30.87     | 39.70      | 2.59            | 47.18     | 46.52      |

al = ala; gl = goleiro; fx= fixo; pv = pivô.

DQ = desvio quartílico; CVQ% = coeficiente de variação do quartil.

**Tabela XIIIIV** - Valores dos índices temporais iRR médios, SDNN e RMSSD em milissegundos (ms) nas fases de aquecimento (AQ), do limiar ventilatório 1 (LVI), pico do esforço (PE), e recuperação ativa (RA) com um período de 3 minutos cada fase, obtidos no teste de esforço físico dinâmico do tipo degraus. Sedentários (SED) n=13.

| SED               | iRR médios ms | SDNN (ms) | RMSSD (ms) | iRR médios (ms) | SDNN (ms) | RMSSD (ms) | iRR médios (ms) | SDNN (ms) | RMSSD (ms) | iRR médios (ms) | SDNN (ms) | RMSSD (ms) |
|-------------------|---------------|-----------|------------|-----------------|-----------|------------|-----------------|-----------|------------|-----------------|-----------|------------|
|                   | (AQ)          | (AQ)      | (AQ)       | (LVI)           | (LVI)     | (LVI)      | (PE)            | (PE)      | (PE)       | (RA)            | (RA)      | (RA)       |
| ADC               | 628.59        | 73.80     | 19.30      | 409.59          | 16.70     | 6.63       | 389.77          | 12.32     | 6.11       | 408.62          | 46.30     | 6.40       |
| ADS               | 432.53        | 4.38      | 2.65       | 381.98          | 16.45     | 4.92       | 372.16          | 11.54     | 4.98       | 328.86          | 9.69      | 4.92       |
| AHH               | 534.89        | 55.22     | 11.83      | 375.26          | 18.80     | 4.58       | 378.25          | 19.40     | 4.66       | 421.69          | 48.04     | 4.01       |
| BRS               | 540.79        | 34.72     | 6.46       | 364.52          | 9.71      | 3.91       | 358.97          | 9.30      | 3.89       | 351.27          | 28.73     | 4.03       |
| BTM               | 540.16        | 30.47     | 13.58      | 362.24          | 12.61     | 6.61       | 354.87          | 13.32     | 6.51       | 440.01          | 38.85     | 44.56      |
| DRK               | 696.64        | 93.63     | 41.49      | 437.23          | 27.68     | 5.37       | 422.46          | 26.90     | 5.18       | 402.48          | 41.02     | 4.76       |
| EHC               | 507.48        | 35.27     | 10.70      | 413.32          | 46.76     | 6.88       | 358.64          | 358.64    | 9.12       | 357.01          | 34.93     | 9.83       |
| FBS               | 466.10        | 27.75     | 9.33       | 333.51          | 11.84     | 7.05       | 323.00          | 11.18     | 5.25       | 361.27          | 31.87     | 4.87       |
| JEB               | 606.12        | 82.19     | 21.60      | 435.30          | 22.00     | 9.73       | 444.82          | 23.57     | 8.86       | 451.97          | 69.30     | 13.18      |
| JFC               | 540.37        | 42.13     | 21.27      | 351.09          | 20.93     | 4.42       | 350.24          | 20.66     | 4.44       | 356.99          | 35.92     | 4.29       |
| PLS               | 563.30        | 71.53     | 24.19      | 370.80          | 14.80     | 6.05       | 373.45          | 15.03     | 5.61       | 403.36          | 32.96     | 6.77       |
| RPM               | 539.30        | 47.98     | 20.92      | 341.29          | 12.71     | 4.47       | 341.30          | 12.66     | 4.69       | 349.53          | 26.38     | 4.84       |
| WBB               | 544.02        | 55.16     | 13.77      | 393.14          | 17.60     | 3.61       | 391.34          | 17.62     | 3.66       | 381.90          | 33.40     | 3.94       |
| Mínimo            | 432.53        | 4.38      | 2.65       | 333.51          | 9.71      | 3.61       | 323.00          | 9.30      | 3.66       | 328.86          | 9.69      | 3.94       |
| 1º.Quartil        | 534.89        | 34.72     | 10.70      | 362.24          | 12.71     | 4.47       | 354.87          | 12.32     | 4.66       | 356.99          | 31.87     | 4.29       |
| mediana           | 540.37        | 47.98     | 13.77      | 375.26          | 16.70     | 5.37       | 372.16          | 15.03     | 5.18       | 381.90          | 34.93     | 4.87       |
| 3º.Quartil        | 563.30        | 71.53     | 21.27      | 409.59          | 20.93     | 6.63       | 354.87          | 12.32     | 4.66       | 408.62          | 41.02     | 6.77       |
| Máximo            | 696.64        | 93.63     | 41.49      | 437.23          | 46.76     | 9.73       | 444.82          | 358.64    | 9.12       | 451.97          | 69.30     | 44.56      |
| DQ                | 34.10         | 9.33      | 1.75       | 0.91            | 0.22      | 1.71       | 0.43            | 0.14      | 1.43       | 1.95            | 0.40      | 2.31       |
| CVQ% <sup>c</sup> | 55.85         | 57.62     | 55.16      | 45.65           | 47.85     | 43.42      | 31.23           | 32.08     | 33.26      | 67.03           | 48.28     | 40.74      |

DQ = desvio quartílico; CVQ% = coeficiente de variação do quartil.

**Tabela XIV** - Valores dos índices espectrais totais PSD LF, PSD HF e em milissegundos ao quadrado por Hertz ( $\text{ms}^2/\text{Hz}$ ) e razão PSD LF/HF, obtidos nas fases de aquecimento (AQ), limiar ventilatório 1 (LV1), pico do esforço (PE) e recuperação ativa (RA) durante o teste de esforço físico tipo degraus. Atletas de Futsal – AFS (N=13).

|               | PSD<br>LF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>HF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>LF/HF | PSD<br>LF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>HF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>LF/HF | PSD<br>LF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>HF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>LF/HF | PSD<br>LF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>HF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>LF/HF |
|---------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|
| AFS<br>(N=13) | (AQ)                       | (AQ)                       | (AQ)         | (LVI)                      | (LVI)                      | (LVI)        | (PE)                       | (PE)                       | (PE)         | (RA)                       | (RA)                       | (RA)         |
| <b>ABFal</b>  | 345.19                     | 44.72                      | 7.72         | 2.29                       | 0.91                       | 2.51         | 0.24                       | 0.21                       | 1.16         | 1.70                       | 2.66                       | 0.64         |
| <b>APTgl</b>  | 133.13                     | 55.60                      | 2.39         | 1.83                       | 0.15                       | 11.98        | 0.07                       | 0.28                       | 0.24         | 0.27                       | 0.18                       | 1.48         |
| <b>ACLal</b>  | 365.72                     | 155.60                     | 2.35         | 2.12                       | 0.18                       | 12.02        | 1.18                       | 0.09                       | 13.12        | 0.19                       | 0.12                       | 1.57         |
| <b>BRSal</b>  | 262.47                     | 164.31                     | 1.60         | 1.64                       | 1.57                       | 1.04         | 0.37                       | 0.10                       | 3.57         | 148.38                     | 34.92                      | 4.25         |
| <b>CAAal</b>  | 52.97                      | 8.65                       | 6.13         | 0.08                       | 0.04                       | 1.86         | 0.03                       | 0.06                       | 0.50         | 0.04                       | 0.11                       | 0.39         |
| <b>DFFal</b>  | 57.96                      | 17.82                      | 3.25         | 1.35                       | 0.21                       | 6.28         | 0.07                       | 0.11                       | 0.61         | 0.15                       | 0.21                       | 0.72         |
| <b>EVVal</b>  | 80.04                      | 29.42                      | 2.72         | 1.97                       | 0.31                       | 6.29         | 0.08                       | 2.23                       | 0.04         | 0.94                       | 0.38                       | 2.50         |
| <b>FSNal</b>  | 816.50                     | 356.11                     | 2.29         | 2.38                       | 0.71                       | 3.35         | 1.40                       | 1.82                       | 0.77         | 2.76                       | 5.64                       | 0.49         |
| <b>IMRal</b>  | 67.20                      | 10.46                      | 6.43         | 0.54                       | 0.56                       | 0.96         | 0.30                       | 0.37                       | 0.80         | 0.98                       | 0.42                       | 2.36         |
| <b>JEAg</b>   | 52.26                      | 22.86                      | 2.29         | 1.51                       | 4.69                       | 0.32         | 1.29                       | 4.58                       | 0.28         | 1.80                       | 5.48                       | 0.33         |
| <b>LOMfx</b>  | 201.44                     | 76.51                      | 2.63         | 2.53                       | 1.65                       | 1.53         | 0.42                       | 0.29                       | 1.46         | 0.10                       | 0.40                       | 0.24         |
| <b>PHPal</b>  | 185.87                     | 109.69                     | 1.69         | 1.16                       | 0.78                       | 1.49         | 0.07                       | 0.11                       | 0.59         | 0.19                       | 0.07                       | 2.56         |
| <b>RSRpv</b>  | 99.59                      | 21.26                      | 4.68         | 0.30                       | 0.24                       | 1.24         | 0.52                       | 0.74                       | 0.71         | 4.10                       | 7.51                       | 0.55         |
| <b>Mín</b>    | 52.26                      | 8.65                       | 1.60         | 0.08                       | 0.04                       | 0.32         | 0.03                       | 0.06                       | 0.04         | 0.04                       | 0.07                       | 0.24         |
| <b>1°.Q</b>   | 67.20                      | 21.26                      | 2.29         | 1.16                       | 0.21                       | 1.24         | 0.07                       | 0.11                       | 0.50         | 0.19                       | 0.18                       | 0.49         |
| <b>med</b>    | 133.13                     | 44.72                      | 2.63         | 1.64                       | 0.56                       | 1.86         | 0.30                       | 0.28                       | 0.71         | 0.94                       | 0.40                       | 0.72         |
| <b>3°.Q</b>   | 262.47                     | 109.69                     | 4.68         | 2.12                       | 0.91                       | 6.28         | 0.52                       | 0.74                       | 1.16         | 1.80                       | 5.48                       | 2.36         |
| <b>Máx</b>    | 816.50                     | 356.11                     | 7.72         | 2.53                       | 4.69                       | 12.02        | 1.40                       | 4.58                       | 13.12        | 148.38                     | 34.92                      | 4.25         |
| <b>DQ</b>     | 92.64                      | 44.22                      | 1.2          | 0.48                       | 0.35                       | 2.52         | 0.23                       | 0.32                       | 0.33         | 0.80                       | 2.65                       | 0.93         |
| <b>CVQ%</b>   | 59.23                      | 67.53                      | 34.24        | 28.66                      | 62                         | 67.07        | 76.80                      | 74.44                      | 39.88        | 80.91                      | 93.64                      | 65.62        |

al = ala; gl = goleiro; fx= fixo; pv = pivô.

Q = quartil; DQ = desvio quartílico; CVQ% = coeficiente de variação do quartil.

**Tabela XVI** - Valores dos índices espectrais totais PSD LF, PSD HF e em milissegundos ao quadrado por Hertz ( $\text{ms}^2/\text{Hz}$ ) e razão PSD LF/HF, obtidos nas fases de aquecimento (AQ), limiar ventilatório 1 (LV1), pico do esforço (PE) e recuperação ativa (RA) durante o teste de esforço físico tipo degraus. Sedentários – SED (N=13).

|      | PSD<br>LF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>HF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>LF/HF | PSD<br>LF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>HF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>LF/HF | PSD<br>LF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>HF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>LF/HF | PSD<br>LF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>HF<br>$\text{ms}^2$ | PSD<br>LF/HF |
|------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|
| SED  | (AQ)<br>**                 | (AQ)<br>*                  | (AQ)<br>*    | (LVI)<br>NS                | (LVI)<br>NS                | (LVI)<br>NS  | (PE)<br>***                | (PE)<br>NS                 | (PE)<br>**   | (RA)<br>NS                 | (RA)<br>NS                 | (RA)<br>***  |
| ADC  | 58.80                      | 5.26                       | 11.17        | .12                        | 0.47                       | 2.139        | 0.91                       | 0.35                       | 2.62         | 3.48                       | 0.42                       | 8.22         |
| ADS  | 0.30                       | 0.10                       | 2.90         | 0.93                       | 0.69                       | 1.36         | 1.19                       | 0.59                       | 2.01         | 0.44                       | 0.66                       | 0.67         |
| AHH  | 12.66                      | 9.02                       | 1.40         | 1.09                       | 0.24                       | 4.56         | 1.28                       | 0.29                       | 4.44         | 4.05                       | 0.51                       | 7.97         |
| BRS  | 15.17                      | 3.39                       | 4.47         | 4.79                       | 0.28                       | 17.01        | 4.43                       | 0.34                       | 12.91        | 0.14                       | 0.37                       | 3.36         |
| BTM  | 36.09                      | 9.37                       | 3.85         | 1.37                       | 0.24                       | 5.66         | 0.95                       | 0.35                       | 2.72         | 22.08                      | 56.28                      | 7.55         |
| DRK  | 248.10                     | 297.52                     | 0.83         | 1.60                       | 0.57                       | 2.83         | 1.32                       | 0.58                       | 2.28         | 0.19                       | 0.78                       | 11.54        |
| EHC  | 29.38                      | 20.42                      | 1.44         | 4.88                       | 1.71                       | 2.85         | 1.74                       | 1.92                       | 0.91         | 1.75                       | 0.78                       | 2.24         |
| FBS  | 55.35                      | 6.86                       | 8.07         | 0.89                       | 0.79                       | 1.13         | 0.45                       | 0.31                       | 1.43         | 2.42                       | 0.43                       | 5.66         |
| JEB  | 183.97                     | 57.86                      | 3.18         | 9.33                       | 4.17                       | 2.23         | 5.63                       | 2.05                       | 2.74         | 11.48                      | 3.01                       | 3.82         |
| JFC  | 125.98                     | 25.52                      | 4.94         | 1.85                       | 0.17                       | 10.92        | 1.82                       | 0.16                       | 11.12        | 2.00                       | 0.30                       | 6.76         |
| PLS  | 62.84                      | 12.01                      | 5.23         | 1.70                       | 0.22                       | 7.59         | 1.64                       | 0.25                       | 6.62         | 0.96                       | 1.74                       | 3.65         |
| RPM  | 95.15                      | 73.62                      | 1.29         | 0.59                       | 0.43                       | 1.37         | 0.73                       | 0.60                       | 1.22         | 7.80                       | 1.21                       | 1.18         |
| WBB  | 26.95                      | 18.89                      | 1.43         | 2.91                       | 0.53                       | 5.46         | 2.65                       | 0.55                       | 4.86         | 4.86                       | 0.35                       | 14.06        |
| Mín  | 0.30                       | 0.10                       | 0.83         | 0.59                       | 0.17                       | 1.13         | 0.45                       | 0.16                       | 0.91         | 0.14                       | 0.30                       | 0.67         |
| 1°.Q | 26.95                      | 6.86                       | 1.43         | 1.09                       | 0.24                       | 2.23         | 0.95                       | 0.31                       | 2.01         | 0.96                       | 0.42                       | 3.36         |
| med  | 55.35                      | 12.01                      | 3.18         | 1.60                       | 0.47                       | 2.85         | 1.32                       | 0.35                       | 2.72         | 2.42                       | 0.66                       | 5.66         |
| 3°.Q | 95.15                      | 25.52                      | 4.94         | 2.91                       | 0.69                       | 5.66         | 1.82                       | 0.59                       | 4.86         | 4.86                       | 1.21                       | 7.97         |
| Máx  | 248.10                     | 297.52                     | 11.17        | 0.59                       | 0.17                       | 1.13         | 5.63                       | 2.05                       | 12.91        | 22.08                      | 56.28                      | 14.06        |
| DQ   | 34.10                      | 9.33                       | 1.75         | 0.91                       | 0.22                       | 1.71         | 0.43                       | 0.14                       | 1.43         | 1.95                       | 0.40                       | 2.31         |
| CVQ% | 55.85                      | 57.62                      | 55.16        | 45.65                      | 47.85                      | 43.42        | 31.23                      | 32.08                      | 33.26        | 67.03                      | 48.28                      | 40.74        |

Q = quartil; DQ = desvio quartílico; CVQ% = coeficiente de variação do quartil.

\* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ; NS = não significante (em relação ao grupo de atletas).

**Tabela XVII** - Correlação entre as variáveis metabólicas com os índices temporais e espectrais obtidos no limiar ventilatório 1 (LV1), no TEFDC-D dos atletas de Futsal (N=13) e sedentários (n=13)

| Metab vs Temporal.                | ATLETAS               |          | SEDENTÁRIOS           |           |
|-----------------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------|
|                                   | $r_s$                 | valor    | $r_s$                 | valor     |
| VO <sub>2</sub> rel vs IRR médios | <b>(-0,632)</b>       | 0.021*   | <b>(-0.016)</b>       | 0.957 NS  |
| VO <sub>2</sub> rel vs SDNN       | <b>(-0.231)</b>       | 0.448 NS | <b>(-0.017)</b>       | 0.957 NS  |
| VO <sub>2</sub> rel vs RMSSD      | <b>0.368</b>          | 0.216 NS | <b>(-0.181)</b>       | 0.553 NS  |
| FC vs IRR médios                  | <b>(-0.578)</b>       | 0.038*   | <b>(-0.430)</b>       | 0.143 NS  |
| FC vs SDNN                        | <b>(-0.426)</b>       | 0.147 NS | <b>(-0.617)</b>       | 0.025*    |
| FC vs RMSSD                       | <b>(-0.099)</b>       | 0.746 NS | <b>0.124</b>          | 0.687 NS  |
| P vs IRR médios                   | <b>(-0.539)</b>       | 0.058 NS | <b>(-0.713)</b>       | 0.006**   |
| P vs SDNN                         | <b>(-0.390)</b>       | 0.189 NS | <b>(-0.584)</b>       | 0.036*    |
| P vs RMSSD                        | <b>0.357</b>          | 0.231 NS | <b>(-0.333)</b>       | 0.266 NS  |
| VE vs IRR médios                  | <b>(-0.621)</b>       | 0.0235*  | <b>(-0.363)</b>       | 0.223 NS  |
| VE vs SDNN                        | <b>(-0.258)</b>       | 0.394 NS | <b>(-0.214)</b>       | 0.482 NS  |
| VE vs RMSSD                       | <b>0.363</b>          | 0.223 NS | <b>(-0.022)</b>       | 0.943 NS  |
| VO <sub>2</sub> abs vs IRR médios | <b>(-0.654)</b>       | 0.0153*  | <b>(-0.599)</b>       | 0.0305*   |
| VO <sub>2</sub> abs vs SDNN       | <b>(-0.165)</b>       | 0.591 NS | <b>(-0.368)</b>       | 0.2158 NS |
| VO <sub>2</sub> abs vs RMSSD      | <b>0.379</b>          | 0.201 NS | <b>(-0.176)</b>       | 0.5656 NS |
| VCO <sub>2</sub> vs IRR médios    | <b>(-0.646)</b>       | 0.0169*  | <b>(-0.562)</b>       | 0.0454*   |
| VCO <sub>2</sub> vs SDNN          | <b>(-0.212)</b>       | 0.487 NS | <b>(-0.427)</b>       | 0.146 NS  |
| VCO <sub>2</sub> vs RMSSD         | <b>0.446</b>          | 0.128 NS | <b>(-0.067)</b>       | 0.829 NS  |
| Metab vs Espectral.               | ATL (S <sub>r</sub> ) | p-valor  | SED (S <sub>r</sub> ) | p-valor   |
| VO <sub>2</sub> rel vs LF         | <b>0.132</b>          | 0.668 NS | <b>0.4286</b>         | 0.144 NS  |
| VO <sub>2</sub> rel vs HF         | <b>0.159</b>          | 0.603 NS | <b>(-0.176)</b>       | 0.566 NS  |
| VO <sub>2</sub> vs LF/HF          | <b>(-0.121)</b>       | 0.694 NS | <b>0.143</b>          | 0.642 NS  |
| FC vs LF                          | <b>0.141</b>          | 0.648 NS | <b>(-0.416)</b>       | 0.157 NS  |
| FC vs HF                          | <b>(-0.025)</b>       | 0.936 NS | <b>0.275</b>          | 0.362 NS  |
| FC vs LF/HF                       | <b>0.247</b>          | 0.417 NS | <b>(-0.037)</b>       | 0.901 NS  |
| P vs LF                           | <b>(-0.588)</b>       | 0.0345*  | <b>(-0.303)</b>       | 0.314 NS  |
| P vs HF                           | <b>(-0.066)</b>       | 0.831 NS | <b>(-0.587)</b>       | 0.035*    |
| P vs LF/HF                        | <b>(-0.489)</b>       | 0.090 NS | <b>0.342</b>          | 0.253 NS  |
| VE vs LF                          | <b>(-0.407)</b>       | 0.168 NS | <b>0.1758</b>         | 0.566 NS  |
| VE vs HF                          | <b>(-0.302)</b>       | 0.316 NS | <b>(-0.198)</b>       | 0.517 NS  |
| VE vs LF/HF                       | <b>(-0.192)</b>       | 0.529 NS | <b>0.4076</b>         | 0.168 NS  |
| VO <sub>2</sub> abs vs LF         | <b>(-0.352)</b>       | 0.237 NS | <b>(-0.077)</b>       | 0.803 NS  |
| VO <sub>2</sub> abs vs HF         | <b>(-0.242)</b>       | 0.426 NS | <b>(-0.494)</b>       | 0.086 NS  |
| VO <sub>2</sub> abs vs LF/HF      | <b>(-0.209)</b>       | 0.494 NS | <b>0.335</b>          | 0.263 NS  |
| VCO <sub>2</sub> vs LF            | <b>(-0.209)</b>       | 0.494 NS | <b>(-0.116)</b>       | 0.705 NS  |
| VCO <sub>2</sub> vs HF            | <b>(-0.492)</b>       | 0.087 NS | <b>(-0.346)</b>       | 0.246 NS  |
| VCO <sub>2</sub> vs LF/HF         | <b>(-0.146)</b>       | 0.635 NS | <b>0.233</b>          | 0.444 NS  |

$r_s$  = Coeficiente de Correlação de Spearman; \*\* =  $p < 0,01$ ; \* =  $p < 0,05$ ; NS = não significante.



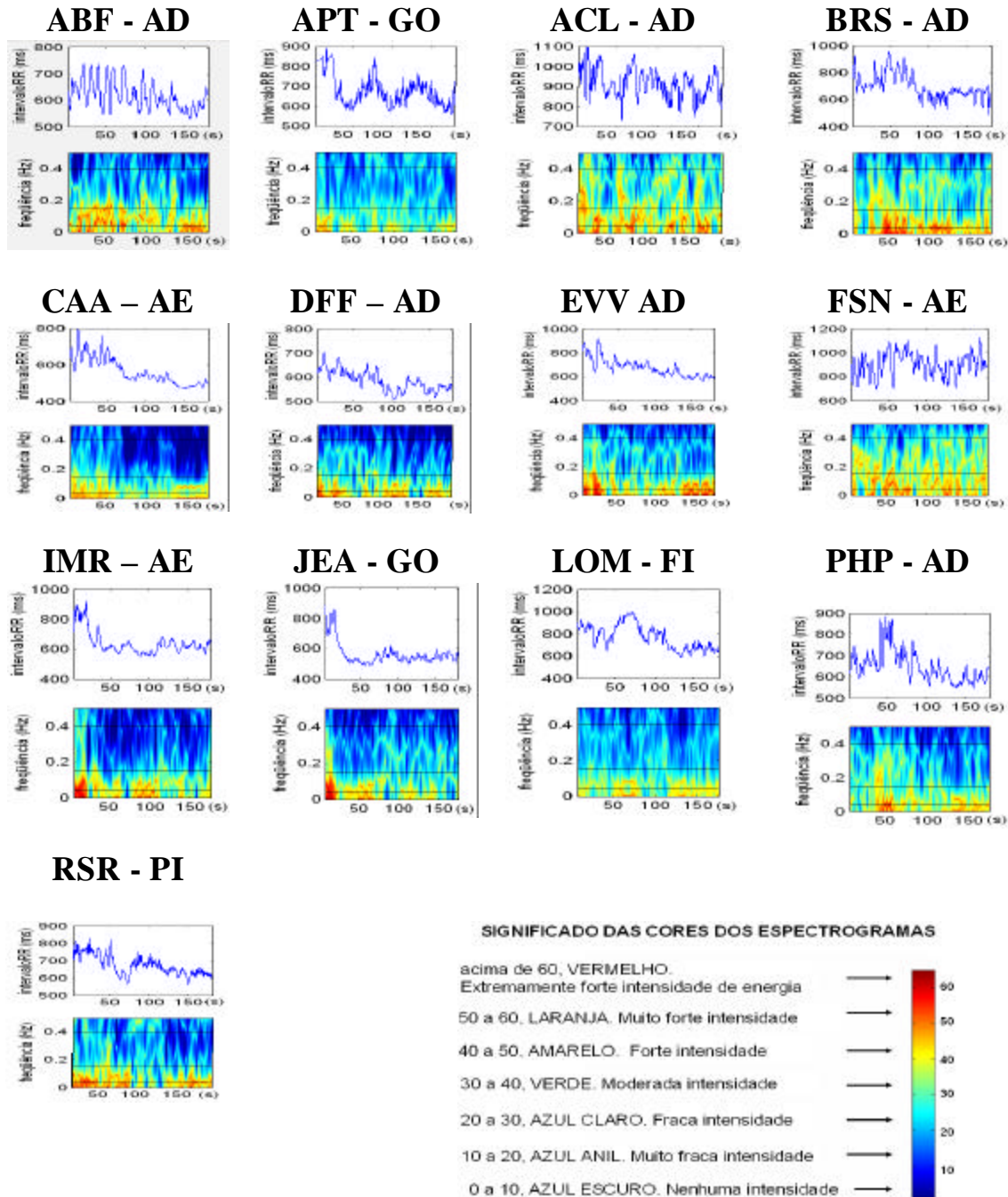
**Tabela XVIII** - Correlação entre as variáveis metabólicas com os índices temporais e espectrais obtidos no pico do esforço (PE), no TEFDC-D dos atletas de Futsal (N=13) e sedentários (n=13)

| Metab vs Temporal.                | ATLETAS               |           | SEDENTÁRIOS           |          |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------|-----------------------|----------|
|                                   | r <sub>s</sub>        | valor p   | r <sub>s</sub>        | valor p  |
| VO <sub>2</sub> rel vs IRR médios | <b>0.247</b>          | 0.415 NS  | <b>0.181</b>          | 0.553 NS |
| VO <sub>2</sub> rel vs SDNN       | <b>0.363</b>          | 0.223 NS  | <b>0.093</b>          | 0.762 NS |
| VO <sub>2</sub> rel vs RMSSD      | <b>0.544</b>          | 0.055 *   | <b>(-0.214)</b>       | 0.482 NS |
| FC vs IRR médios                  | <b>(-0.252)</b>       | 0.406 NS  | <b>(-0.216)</b>       | 0.478 NS |
| FC vs SDNN                        | <b>0.119</b>          | 0.698 NS  | <b>(-0.061)</b>       | 0.843 NS |
| FC vs RMSSD                       | <b>(-0.012)</b>       | 0.964 NS  | <b>0.491</b>          | 0.088 NS |
| P vs IRR médios                   | <b>0.198</b>          | 0.517 NS  | <b>0.733</b>          | 0.004**  |
| P vs SDNN                         | <b>(-0.368)</b>       | 0.216 NS  | <b>0.493</b>          | 0.087 NS |
| P vs RMSSD                        | <b>0.170</b>          | 0.578 NS  | <b>0.044</b>          | 0.886 NS |
| VE vs IRR médios                  | <b>0.016</b>          | 0.957 NS  | <b>(-0.171)</b>       | 0.577 NS |
| VE vs SDNN                        | <b>0.137</b>          | 0.654 NS  | <b>(-0.072)</b>       | 0.816 NS |
| VE vs RMSSD                       | <b>0.434</b>          | 0.138 NS  | <b>(-0.259)</b>       | 0.393 NS |
| VO <sub>2</sub> abs vs IRR médios | <b>(-0.022)</b>       | 0.943 NS  | <b>(-0.402)</b>       | 0.173 NS |
| VO <sub>2</sub> abs vs SDNN       | <b>0.341</b>          | 0.255 NS  | <b>(-0.270)</b>       | 0.372 NS |
| VO <sub>2</sub> abs vs RMSSD      | <b>0.659</b>          | 0.014 *   | <b>(-0.430)</b>       | 0.143 NS |
| VCO <sub>2</sub> vs IRR médios    | <b>(-0.038)</b>       | 0.901 NS  | <b>(-0.082)</b>       | 0.788 NS |
| VCO <sub>2</sub> vs SDNN          | <b>0.181</b>          | 0.553 NS  | <b>(-0.192)</b>       | 0.529 NS |
| VCO <sub>2</sub> vs RMSSD         | <b>0.698</b>          | 0.008 **  | <b>(-0.280)</b>       | 0.354 NS |
| Metab vs Espectral.               | ATL (S <sub>r</sub> ) | Valor-p   | SED (S <sub>r</sub> ) | Valor-p  |
| VO <sub>2</sub> rel vs LF         | <b>0.611</b>          | 0.0278*   | <b>0.516</b>          | 0.071 NS |
| VO <sub>2</sub> rel vs HF         | <b>0.159</b>          | 0.603 NS  | <b>(-0.088)</b>       | 0.775 NS |
| VO <sub>2</sub> vs LF/HF          | <b>0.308</b>          | 0.306 NS  | <b>0.588</b>          | 0.034*   |
| FC vs LF                          | <b>(-0.211)</b>       | 0.4909 NS | <b>(-0.044)</b>       | 0.885 NS |
| FC vs HF                          | <b>(-0.025)</b>       | 0.936 NS  | <b>0.632</b>          | 0.020 *  |
| FC vs LF/HF                       | <b>(-0.532)</b>       | 0.061 NS  | <b>(-0.552)</b>       | 0.050 *  |
| P vs LF                           | <b>(-0.121)</b>       | 0.694 NS  | <b>(-0.154)</b>       | 0.615 NS |
| P vs HF                           | <b>(-0.137)</b>       | 0.654 NS  | <b>(-0.802)</b>       | 0.001*** |
| P vs LF/HF                        | <b>0.022</b>          | 0.943 NS  | <b>0.416</b>          | 0.157 NS |
| VE vs LF                          | <b>0.324</b>          | 0.280 NS  | <b>0.2231</b>         | 0.464 NS |
| VE vs HF                          | <b>(-0.011)</b>       | 0.977 NS  | <b>(-0.350)</b>       | 0.241 NS |
| VE vs LF/HF                       | <b>(-0.071)</b>       | 0.817 NS  | <b>0.347</b>          | 0.245 NS |
| VO <sub>2</sub> abs vs LF         | <b>0.429</b>          | 0.144 NS  | <b>(-0.149)</b>       | 0.628 NS |
| VO <sub>2</sub> abs vs HF         | <b>(-0.016)</b>       | 0.957 NS  | <b>0.705</b>          | 0.007 ** |
| VO <sub>2</sub> abs vs LF/HF      | <b>(-0.148)</b>       | 0.629 NS  | <b>0.427</b>          | 0.145 NS |
| VCO <sub>2</sub> vs LF            | <b>0.357</b>          | 0.231 NS  | <b>(-0.258)</b>       | 0.394 NS |
| VCO <sub>2</sub> vs HF            | <b>0.192</b>          | 0.529 NS  | <b>(-0.451)</b>       | 0.122 NS |
| VCO <sub>2</sub> vs LF/HF         | <b>(-0.154)</b>       | 0.616 NS  | <b>0.181</b>          | 0.553 NS |

r<sub>s</sub> = Coeficiente de Correlação de Spearman; \*\* = p<0,01; \* = p<0,05; NS = não significante.

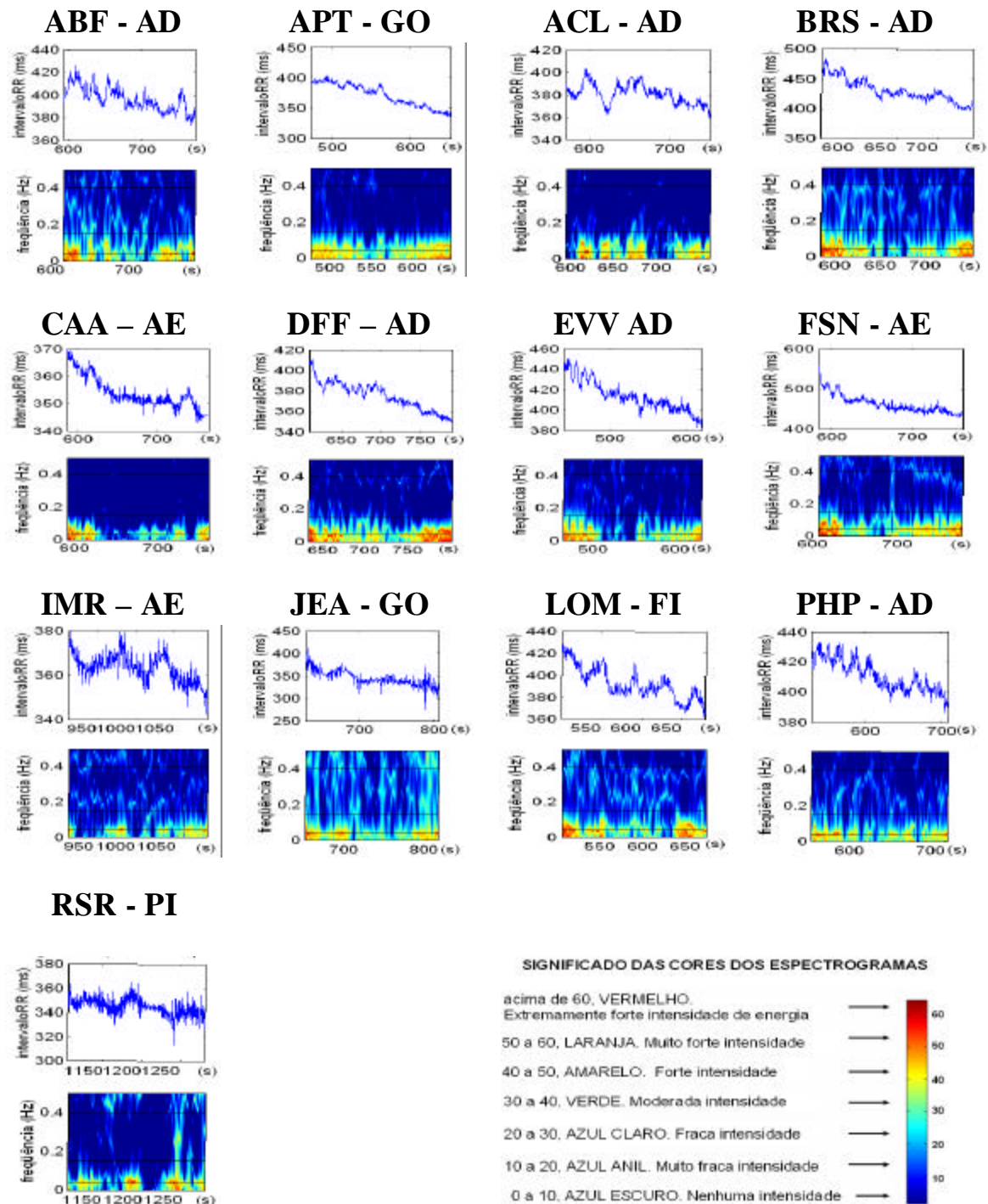
## ANEXO E

**Quadro 1.** GRUPO DE ATLETAS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA (estudado durante a fase do aquecimento - AQ)



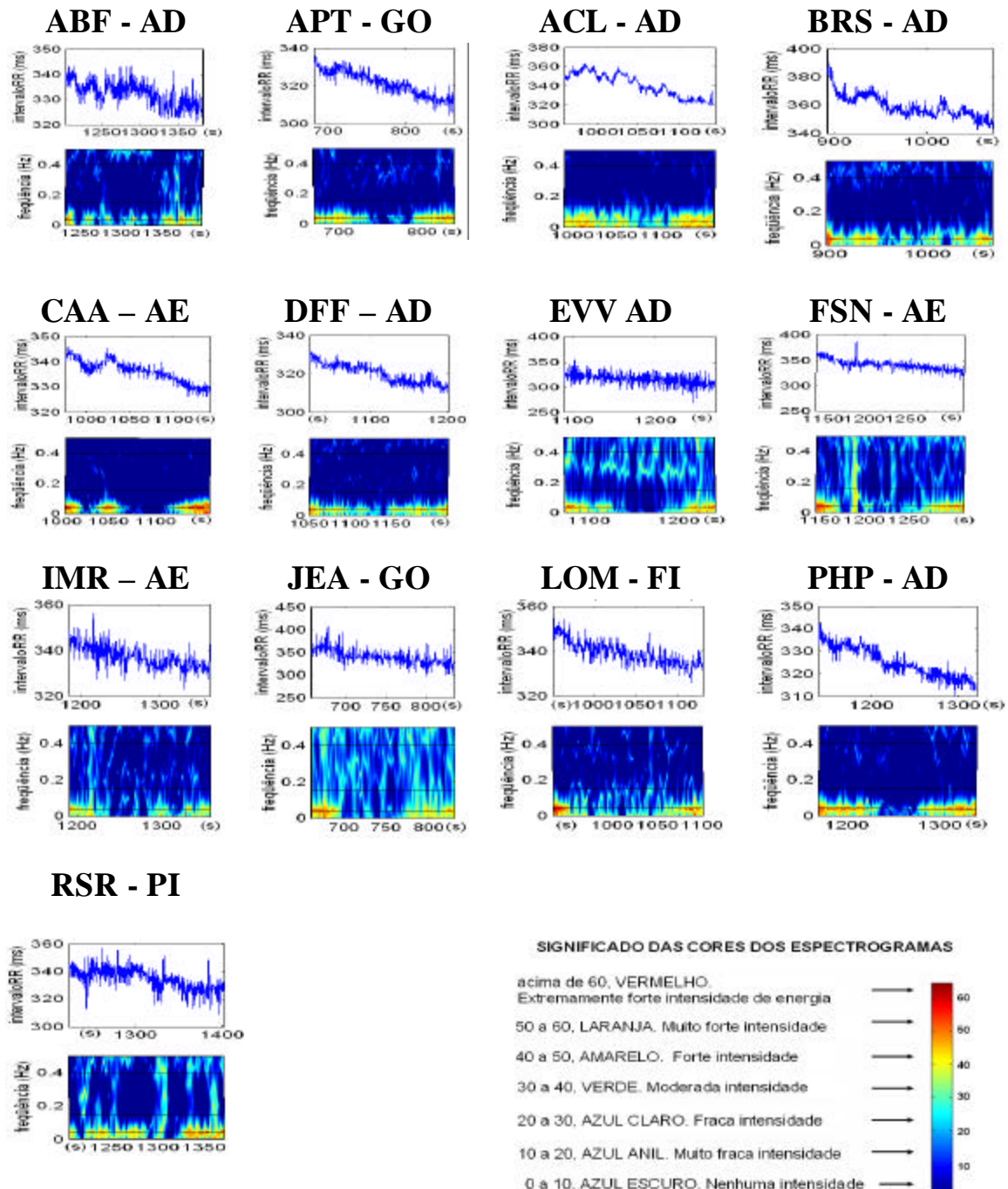
Figuras 1= intervalograma interpolado por “splines” cúbicas, figuras 2 = espectrograma auto-regressivo. AD = ala direita; GO = goleiro; AE = ala esquerda; FI = fixo; PI = pivô; (s) = segundos.

**Quadro 2** GRUPO DE ATLETAS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA (estudado durante a fase do limiar ventilatório 1 – LV1).



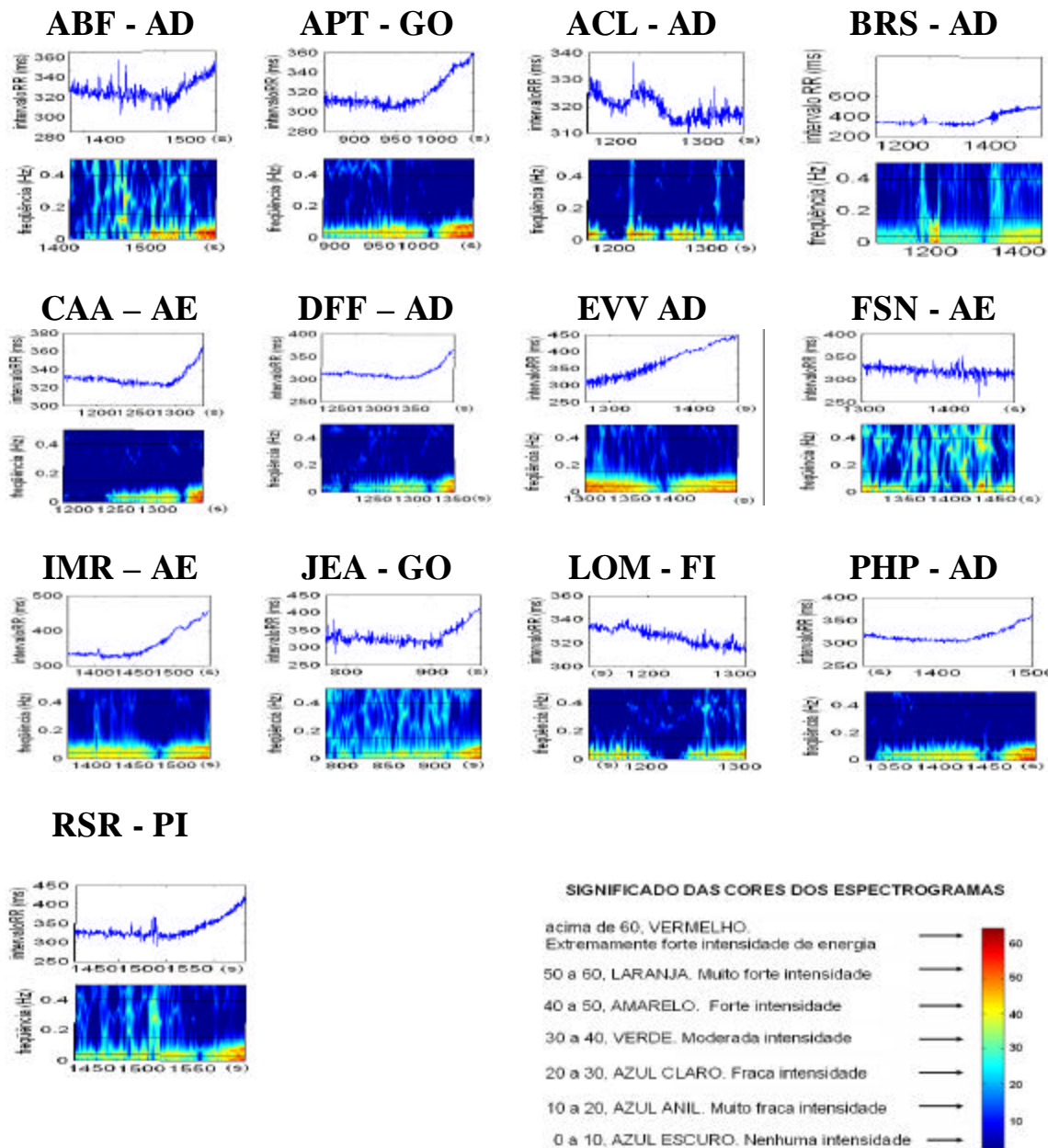
Figuras 1= intervalograma interpolado por “splines” cúbicas, figuras 2 = espectrograma auto-regressivo. AD = ala direita; GO = goleiro; AE = ala esquerda; FI = fixo; PI = pivô (s) = segundos.

**Quadro 3. GRUPO DE ATLETAS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA**  
(estudado durante a fase do pico do exercício – PE).



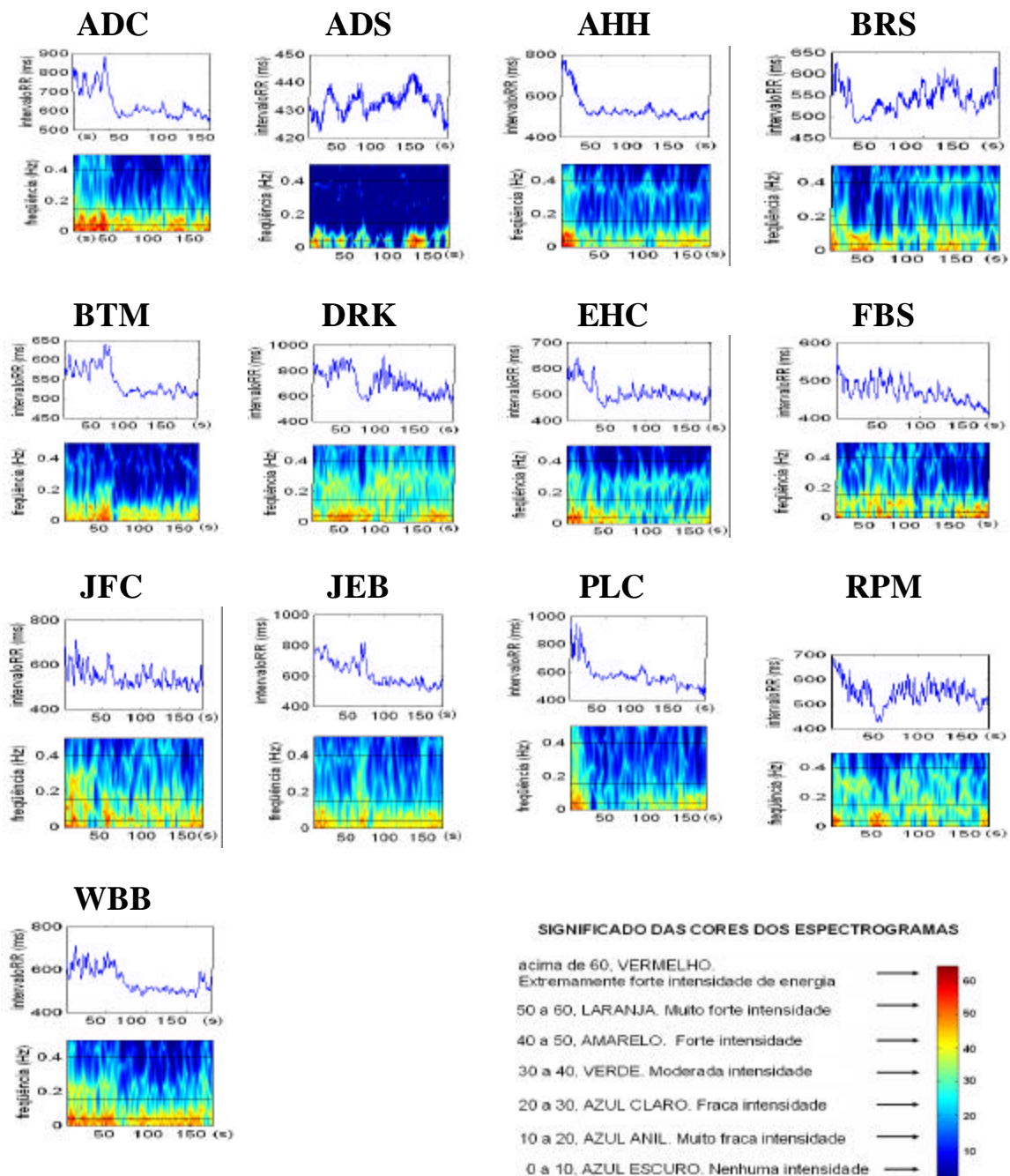
Figuras 1= intervalograma interpolado por “splines” cúbicas, figuras 2 = espectrograma auto-regressivo. AD = ala direita; GO = goleiro; AE = ala esquerda; FI = fixo; PI = pivô; (s) = segundos.

**Quadro 4.** GRUPO DE ATLETAS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA (estudado durante a fase da recuperação ativa - RA).



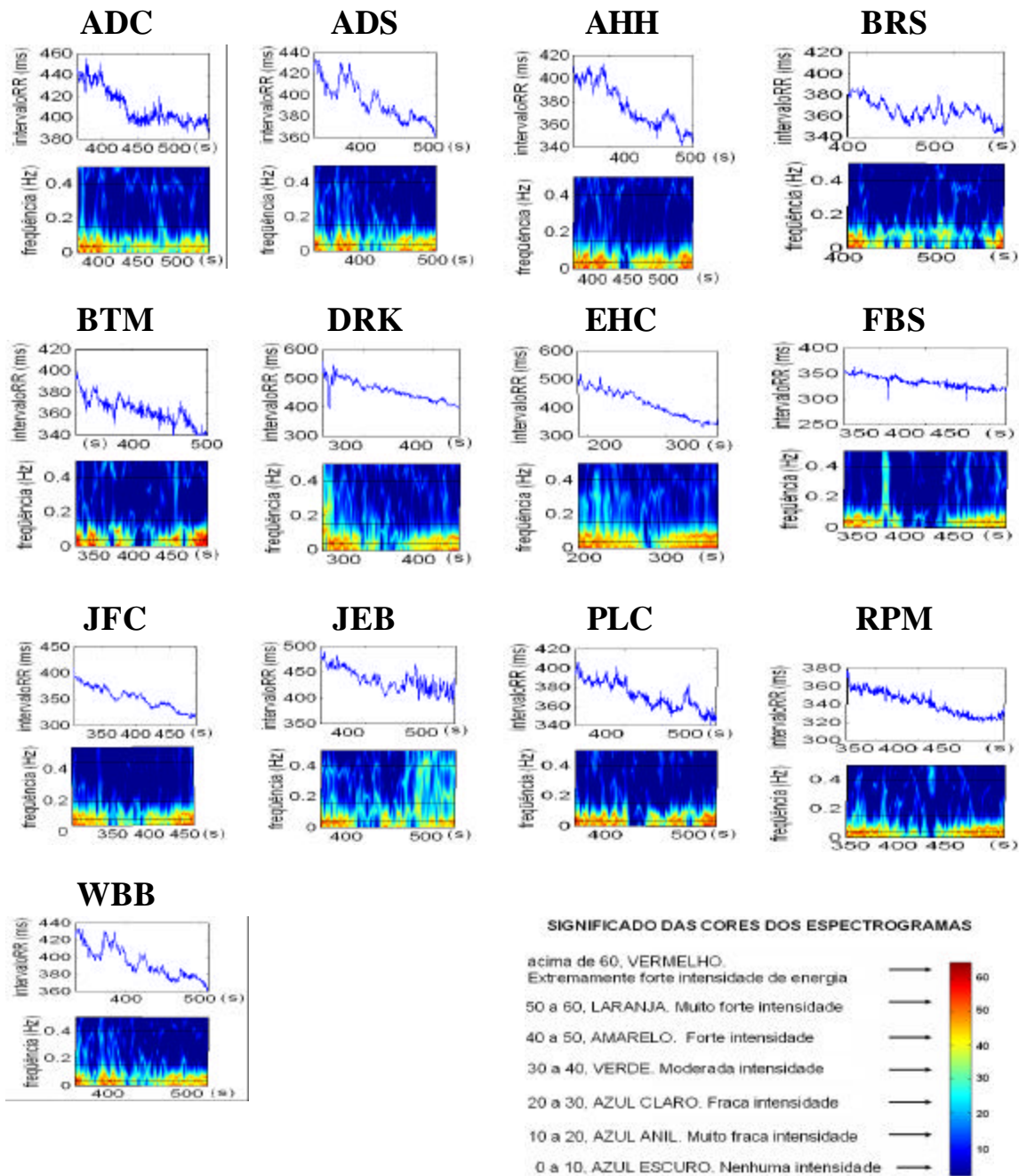
Figuras 1= intervalograma interpolado por “splines” cúbicas, figuras 2 = espectrograma auto-regressivo. AD = ala direita; GO = goleiro; AE = ala esquerda; FI = fixo; PI = pivô; (s) = segundos.

**Quadro 5.** GRUPO DE SEDENTÁRIOS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA (estudado durante a fase do aquecimento - AQ).



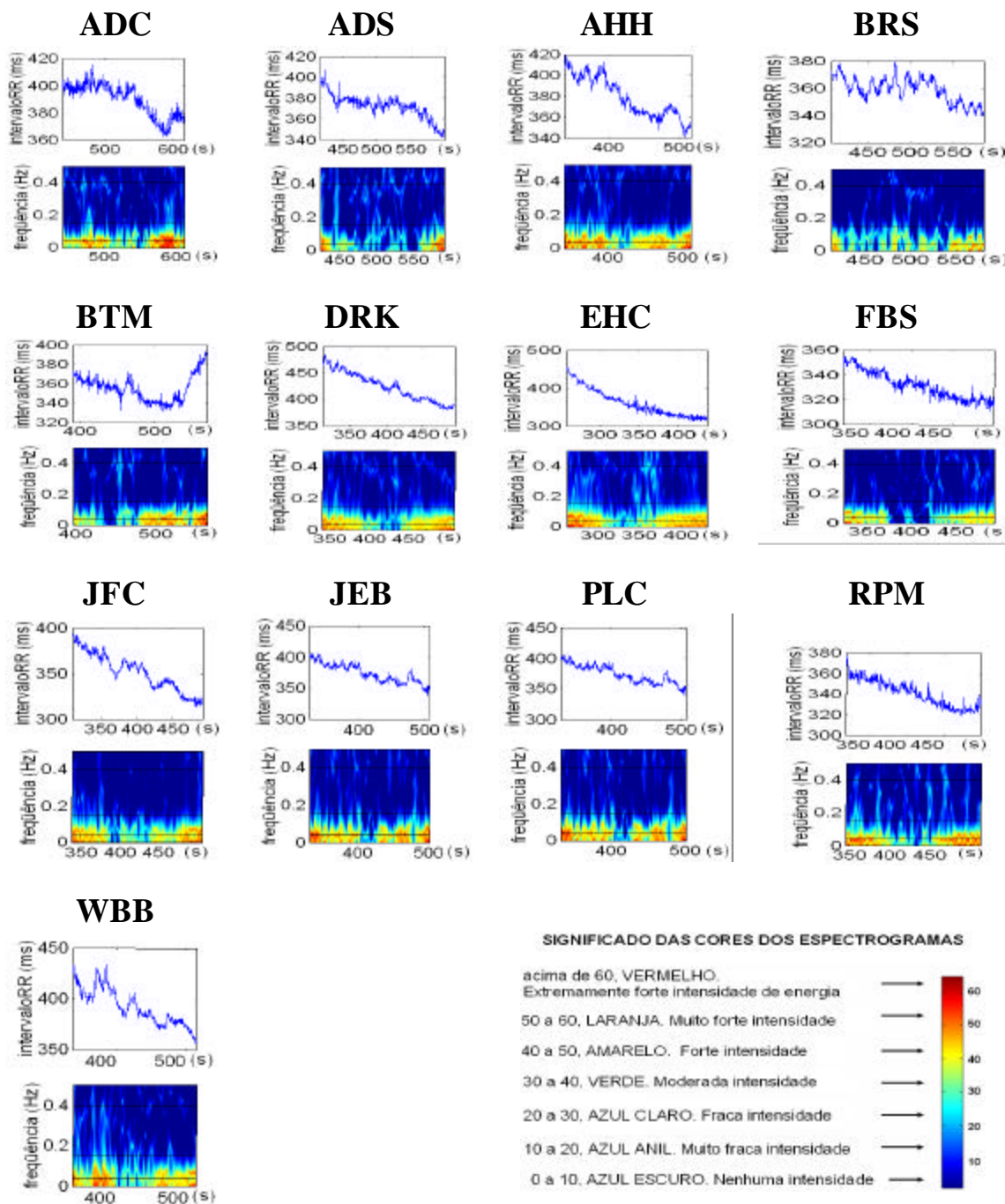
Figuras 1= intervalograma interpolado por “splines” cúbicas, figuras 2 = espectrograma auto-regressivo. (s) = segundos.

**Quadro 6.** GRUPO DE SEDENTÁRIOS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA (estudado durante a fase do limiar ventilatório 1 – LV1).



Figuras 1= intervalograma interpolado por “splines” cúbicas, figuras 2 = espectrograma auto-regressivo. (s) =segundos.

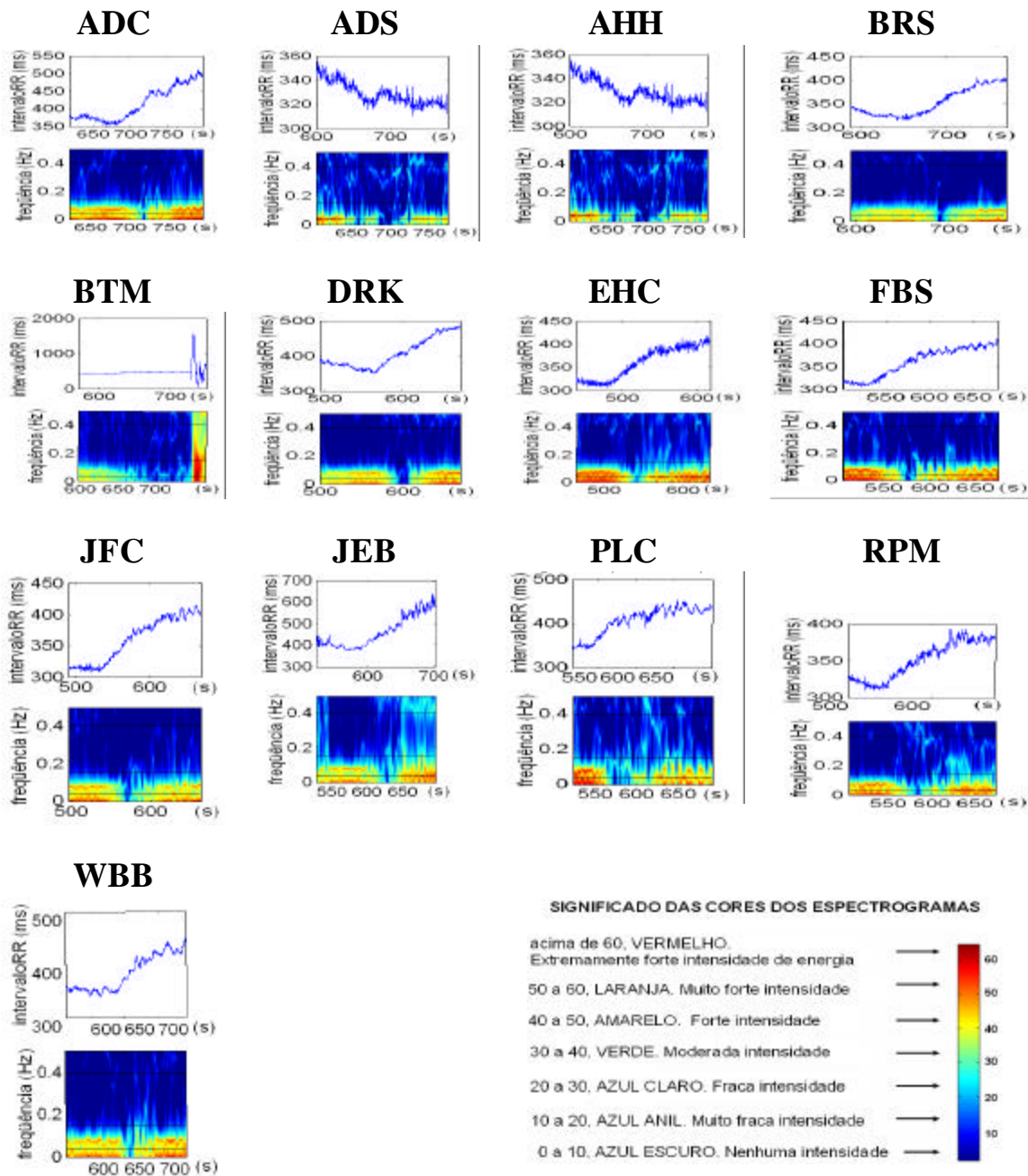
**Quadro 7.** GRUPO DE SEDENTÁRIOS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA (estudado durante a fase do pico do exercício - PE).



Figuras 1= intervalograma interpolado por “splines” cúbicas, figuras 2 = espectrograma auto-regressivo. (s) = segundos

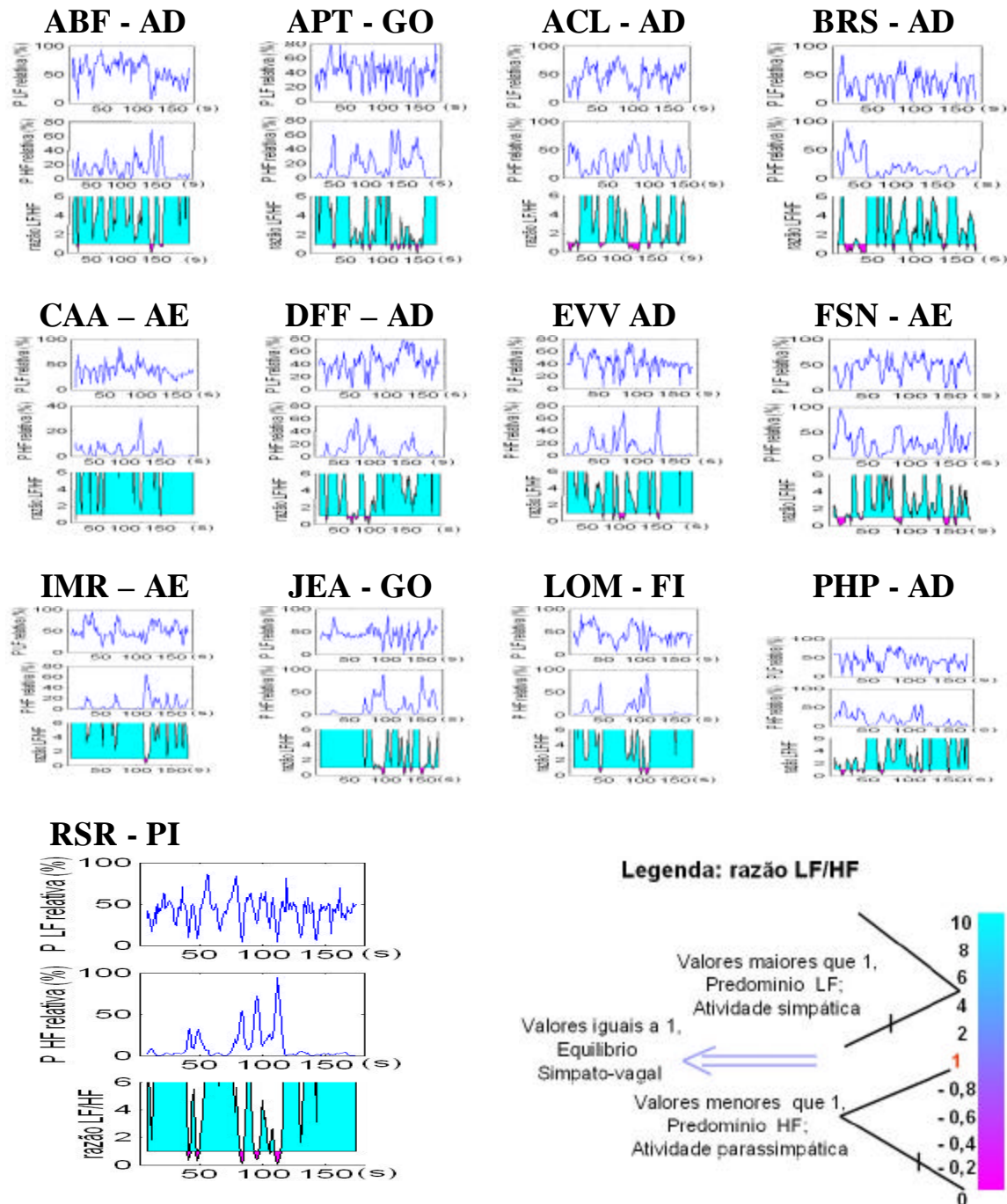


**Quadro 8.** GRUPO DE SEDENTÁRIOS – VFC – SÉRIE TEMPO-FREQÜÊNCIA  
(estudado durante a fase da recuperação ativa - RA)



Figuras 1= intervalograma interpolado por “splines” cúbicas, figuras 2 = espectrograma auto-regressivo. (s) = segundos

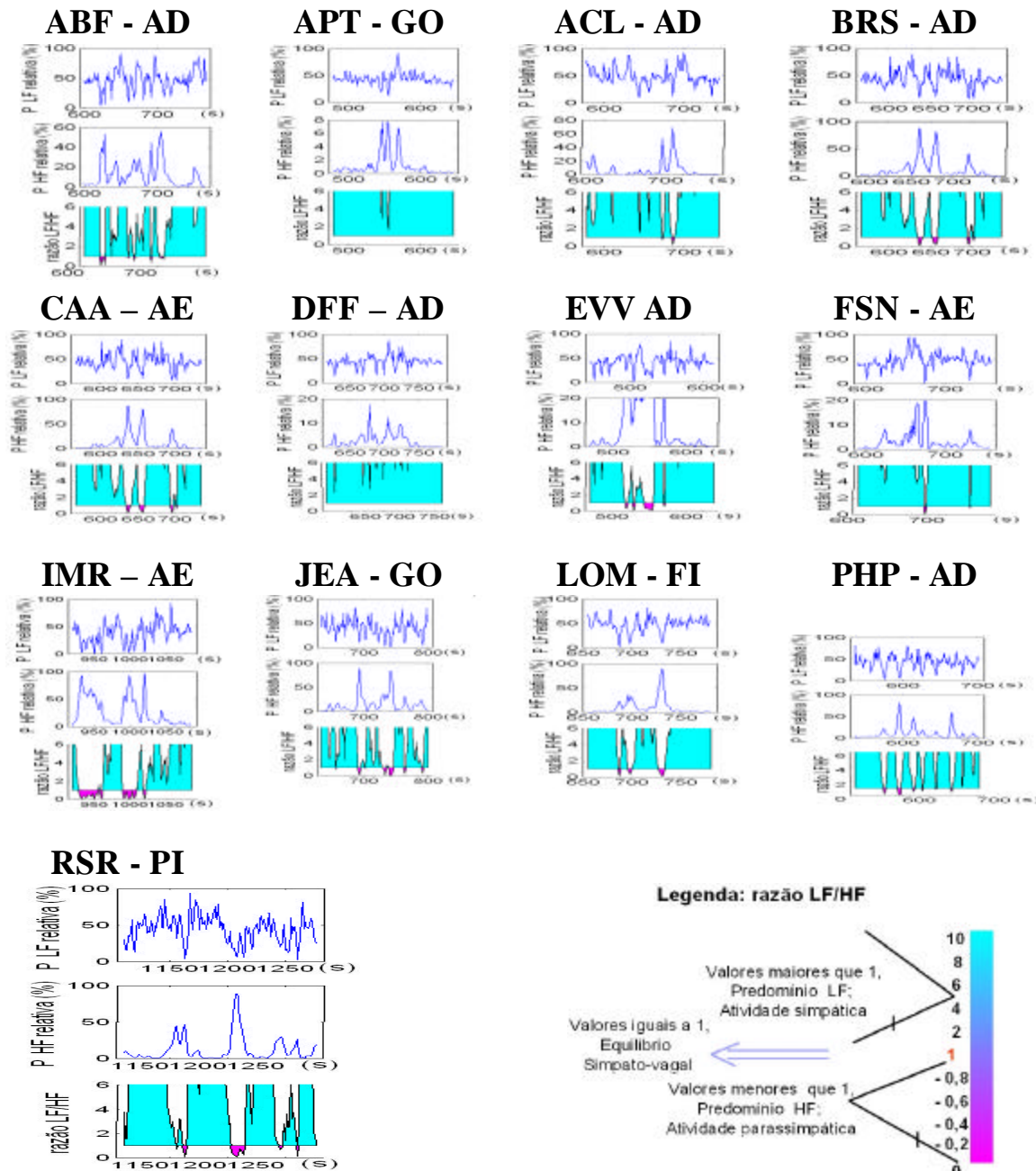
Quadro 9 GRUPO DE ATLETAS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA  
(estudado durante a fase do aquecimento – AQ).



AD = ala direita; GO = goleiro; AE = ala esquerda; FI = fixo; PI = pivô; (s) = segundos

Figuras 1 = variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda LF, figuras 2 = variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda HF, figuras 3 = variação da razão LF/HF; (s) = segundos.

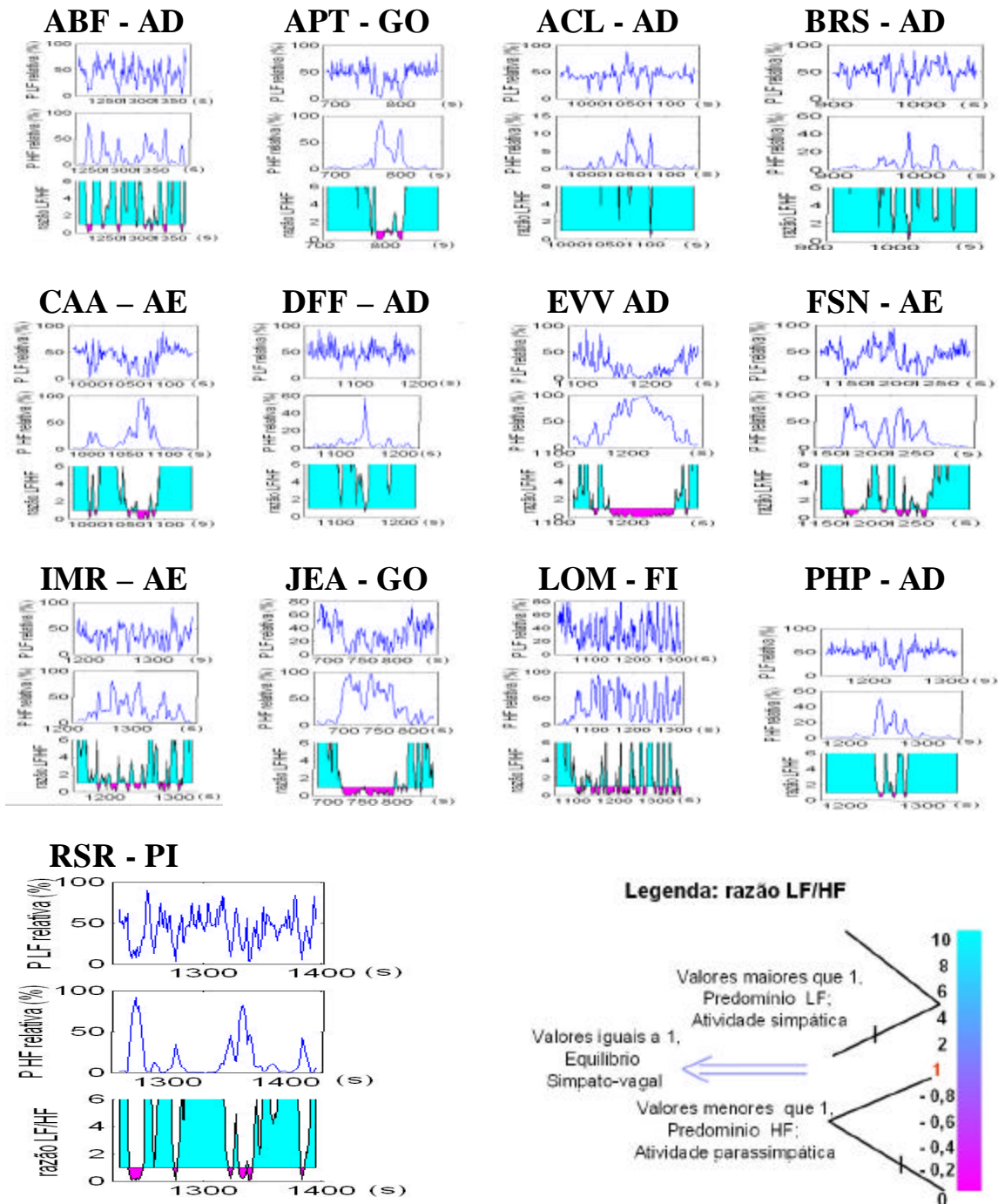
Quadro 10 GRUPO DE ATLETAS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA  
(estudado durante a fase do limiar ventilatório 1- LV1).



AD = ala direita; GO = goleiro; AE = ala esquerda; FI = fixo; PI = pivô; (s) = segundos.

Figuras 1= variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda LF, figuras 2 = variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda HF, figuras 3 = variação da razão LF/HF; (s) = segundos.

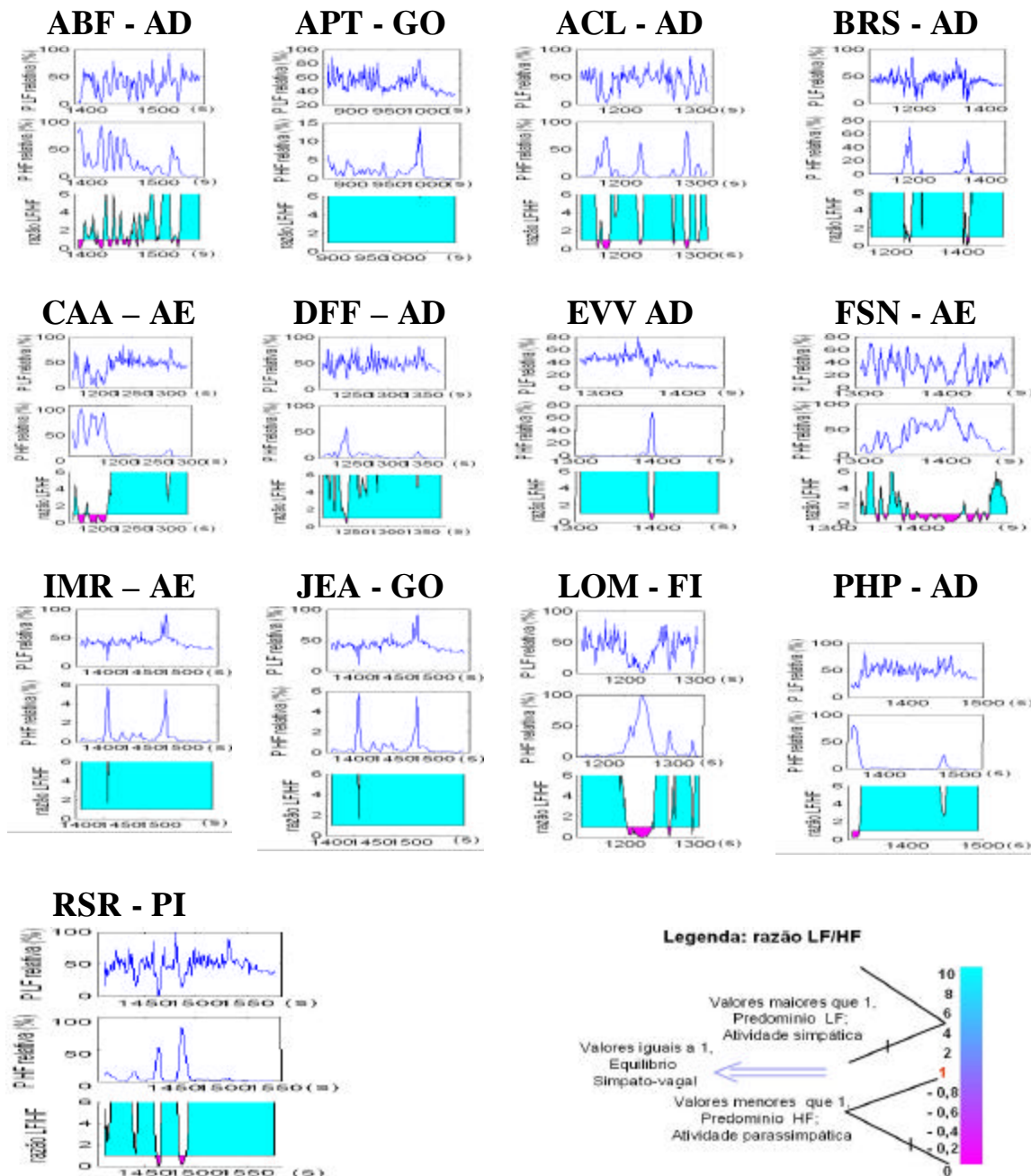
**Quadro 11** GRUPO DE ATLETAS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA  
(estudado durante a fase do pico do exercício - PE)



AD = ala direita; GO = goleiro; AE = ala esquerda; FI = fixo; PI = pivô; (s) = segundos.

Figuras 1= variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda LF, figuras 2 = variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda HF, figuras 3 = variação da razão LF/HF; (s) = segundos.

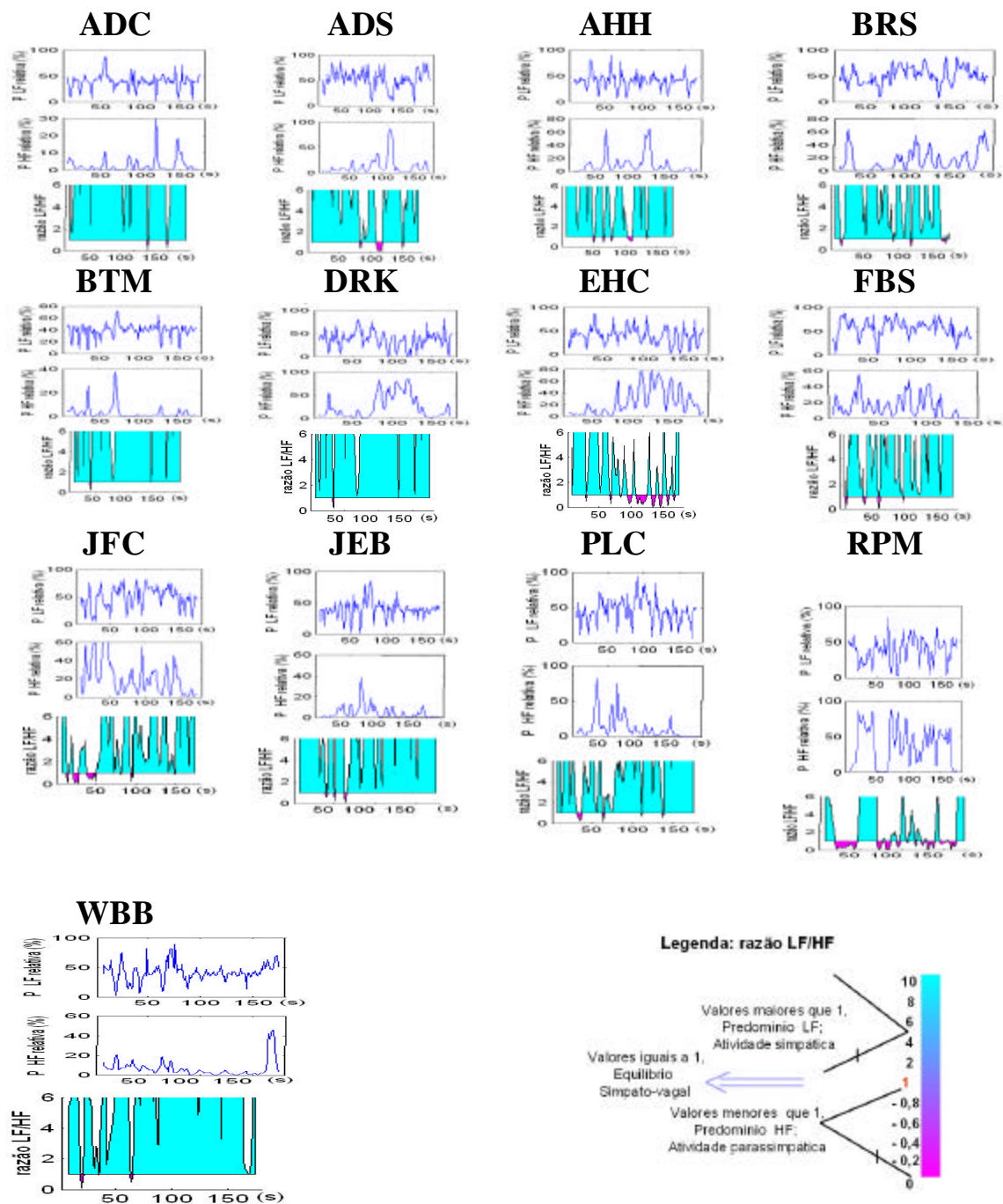
**Quadro 12** GRUPO DE ATLETAS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA  
(estudado durante a fase da recuperação ativa- RA)



AD = ala direita; GO = goleiro; AE = ala esquerda; FI = fixo; PI = pivô; (s) = segundos.

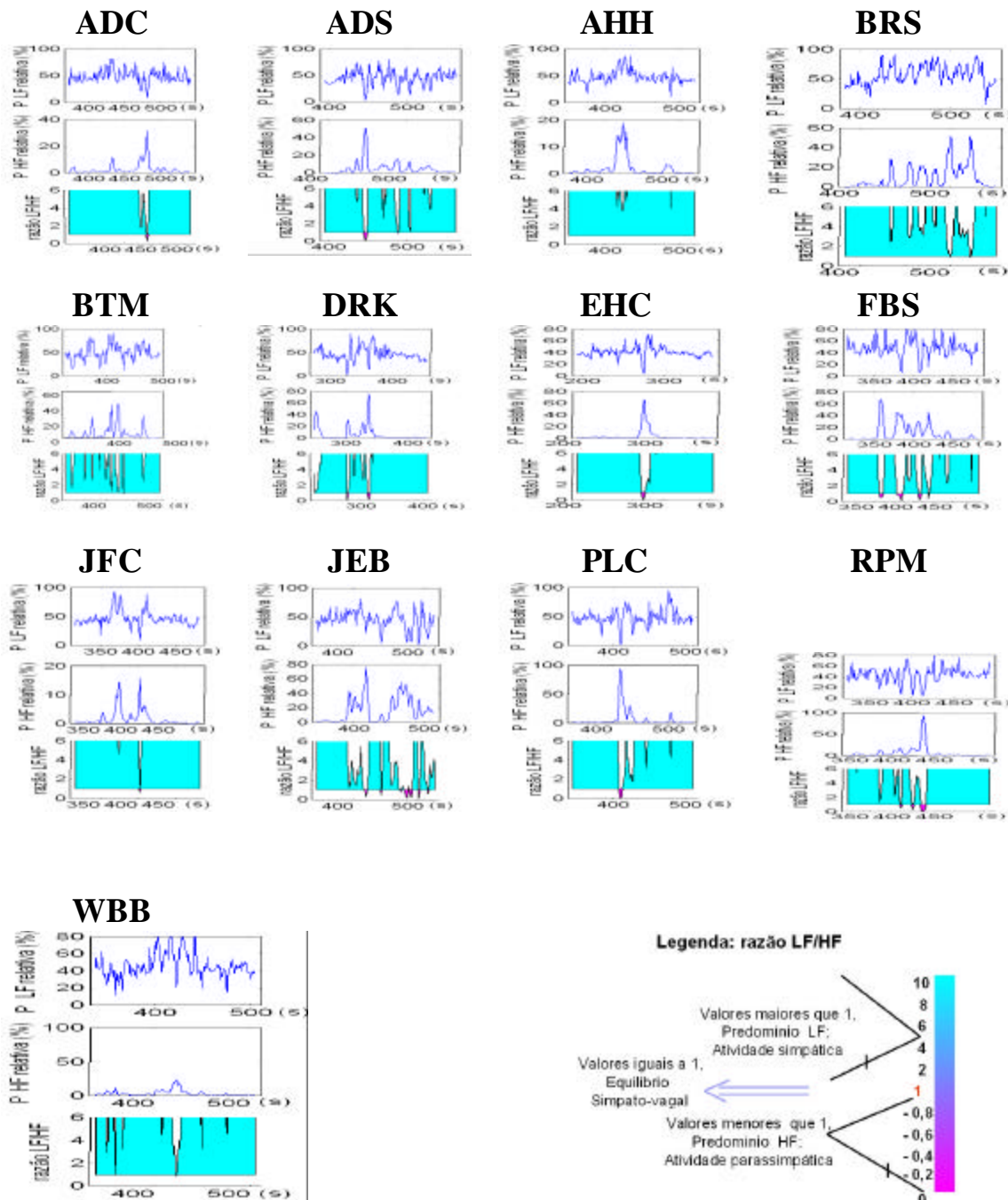
Figuras 1= variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda LF, figuras 2 = variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda HF, figuras 3 = variação da razão LF/HF; (s) = segundos.

**Quadro 13** GRUPO DE SEDENTÁRIOS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA (estudado durante a fase do aquecimento - AQ).



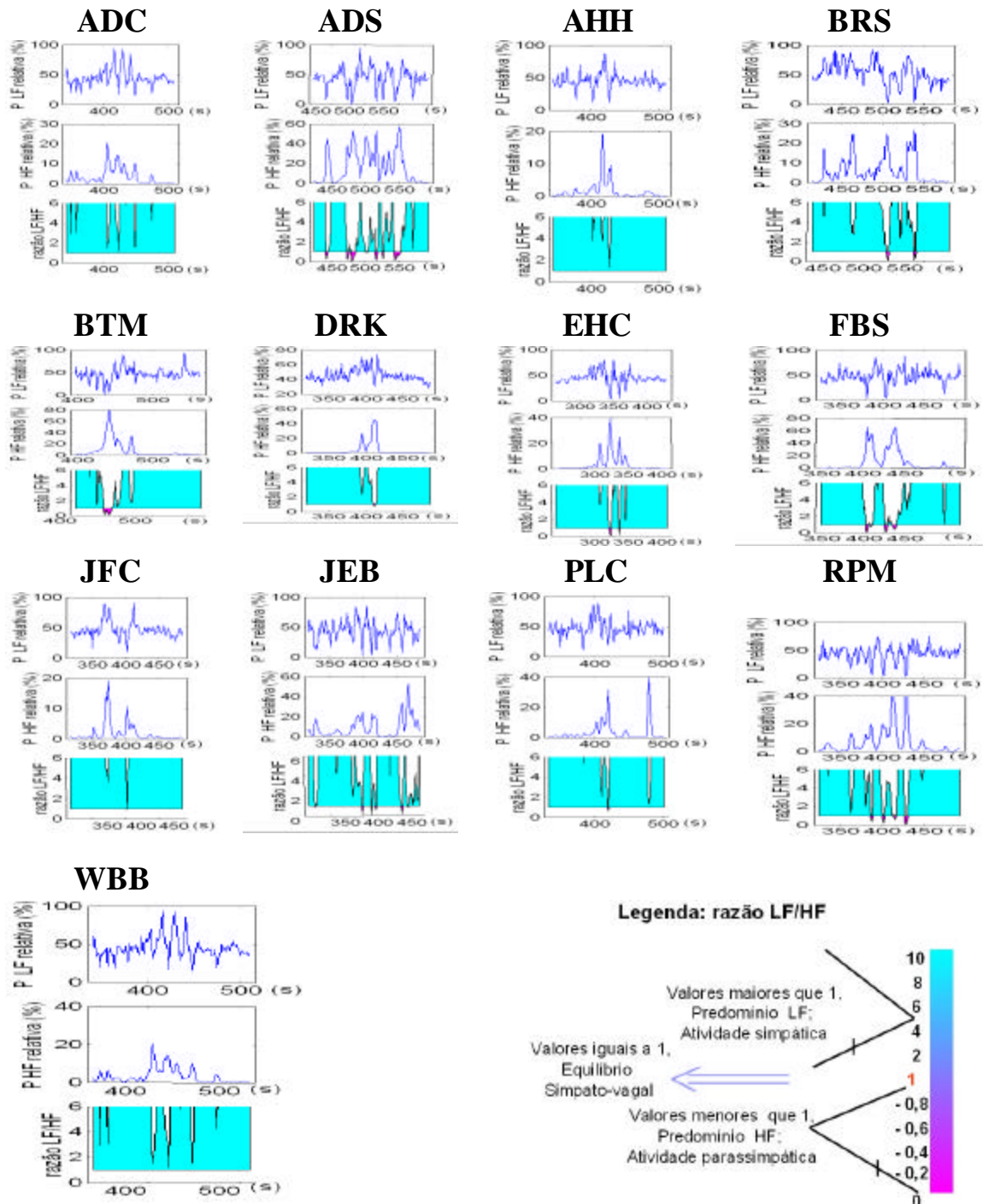
Figuras 1= variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda LF, figuras 2 = variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda HF, figuras 3 = variação da razão LF/HF; (s) = segundos.

**Quadro 14.** GRUPO DE SEDENTÁRIOS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA (estudado durante a fase do limiara ventilatório 1 – LV1).



Figuras 1= variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda LF, figuras 2 = variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda HF, figuras 3 = variação da razão LF/HF; (s) = segundos.

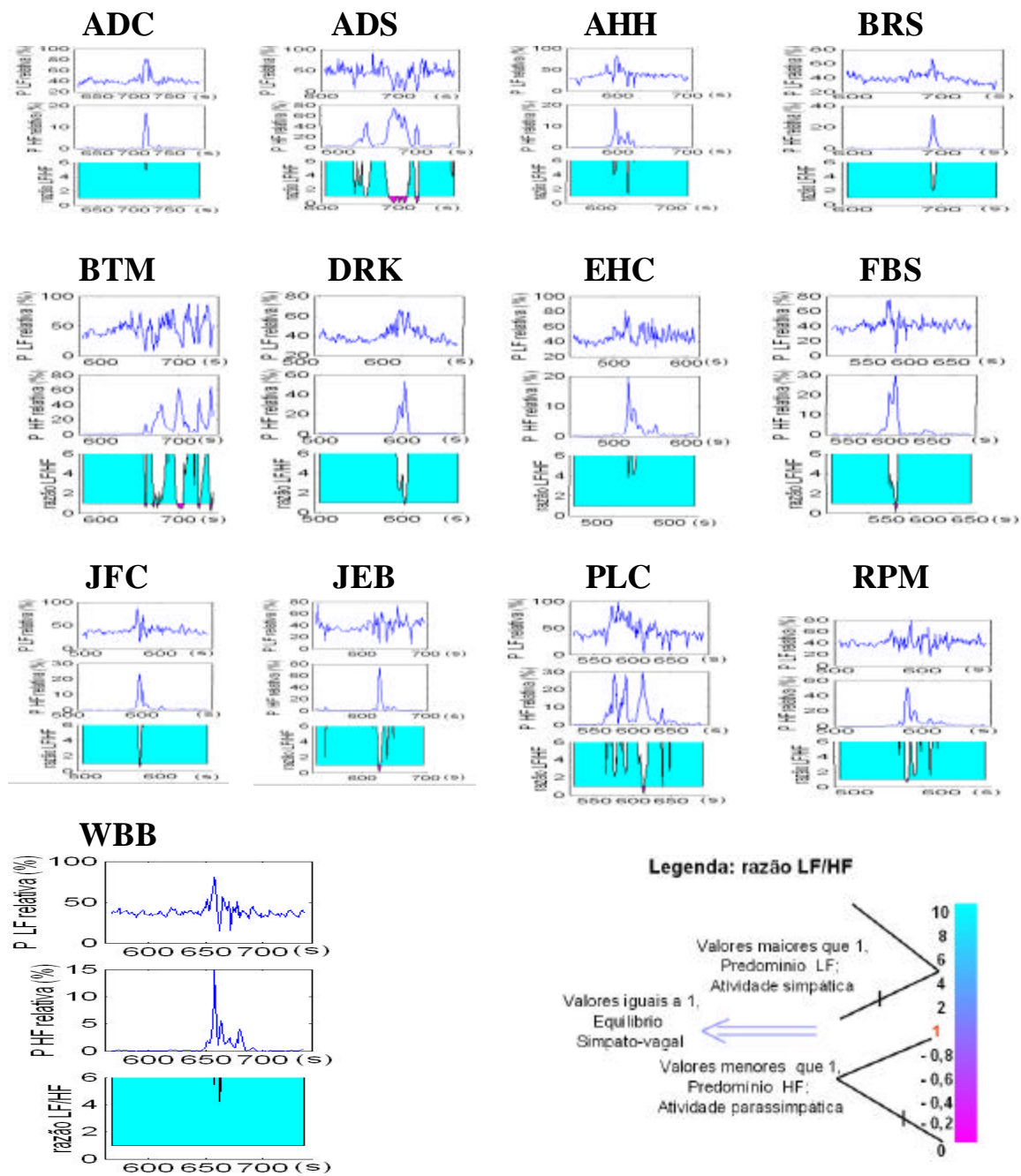
**Quadro 15.** GRUPO DE SEDENTÁRIOS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA (estudado durante a fase do pico do exercício – PE).



Figuras 1= variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda LF, figuras 2 = variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda HF, figuras 3 = variação da razão LF/HF; (s) = segundos.



**Quadro 16.** GRUPO DE SEDENTÁRIOS – VFC – ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA (estudado durante a fase da recuperação ativa – RA).



Figuras 1= variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda LF, figuras 2 = variação da potência relativa em porcentagem (%) da banda HF, figuras 3 = variação da razão LF/HF; (s) = segundos.