



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA

JOANA BASTOS MATOS

**Efeito da Variabilidade da Frequência Cardíaca na
Atenção Cognitiva Após o Teste de Esforço T-Car em
Tenistas**

FLORIANÓPOLIS
2013

JOANA BASTOS MATOS

**Efeito da Variabilidade da Frequência Cardíaca na Atenção
Cognitiva Após o Teste de Esforço T-Car em Tenistas**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Santa Catarina, como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Mestre em Psicologia.

Área de Concentração:

Orientador: Prof. Dr. Emilio Takase

FLORIANÓPOLIS

2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Matos, Joana

Efeito da variabilidade da frequência cardíaca na atenção
cognitiva após teste de esforço T-Car em tenistas / Joana
Matos ; orientador, Emilio Takase - Florianópolis, SC, 2013.
113 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa
de Pós-Graduação em Psicologia.

Inclui referências

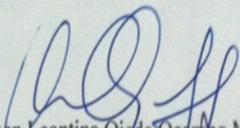
1. Psicologia. 2. Variabilidade da frequência cardíaca.
3. fadiga. 4. atletas. 5. cognição. I. Takase, Emilio. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Psicologia. III. Título.

Joana Bastos Matos

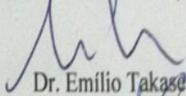
*Efeito da variabilidade da frequência cardíaca na atenção cognitiva
após teste de esforço T Car em tenistas*

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Psicologia, Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina.

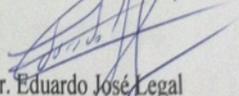
Florianópolis, 17 de dezembro de 2013.



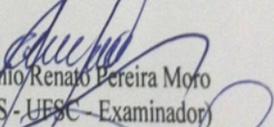
Dra. Carmen Leontina Ojeda Ocampo Moré
(Coordenadora - PPGP/UFSC)



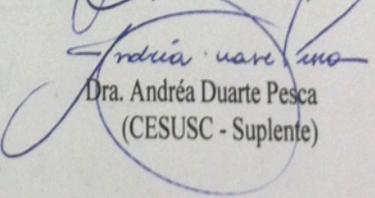
Dr. Emilio Takase
(PPGP - UFSC - Orientador)



Dr. Eduardo José Legal
(UNIVALJ - Examinador)



Dr. Antonio Renato Pereira Moro
(CDS - UFSC - Examinador)



Dra. Andréa Duarte Pesca
(CESUSC - Suplente)

AGRADECIMENTOS

Não poderia deixar de agradecer as pessoas que tornaram possível a realização desta pesquisa. A principio, agradeço ao meu orientador, professor Dr. Emilio Takase, que não desistiu de mim quando eu mesma estava desistindo. Ao seu estímulo em me fazer pesquisar, em disponibilizar as ferramentas e a obter auxílio da Proximus e FAPESC para que o estudo fosse possível. Aos seus puxões de orelhas e aos conselhos que levarei para a vida. Agradeço ao professor Dr. Adilson Monte, que me incentivou nos estudos e na análise dos dados, assim como nas coletas. Agradeço aos colegas Luciano e Diego, pela criação do jogo Grade de Números que foi utilizado no presente estudo e também pelo auxílio na coleta dos dados. Aos colegas Karen, Mariana, Lucas e Fernanda que auxiliaram nas coletas de dados e no incentivo às pesquisas. Agradeço à minha filha Elisa Costa por me aguentar nos momentos de fadiga e entender que os meus momentos de ausência foram para crescimento de ambas.

“Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez.” (Thomas Edison)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	08
LISTA DE FIGURAS.....	09
LISTA DE SIGLAS.....	15
RESUMO.....	17
ABSTRACT.....	18
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. OBJETIVOS.....	29
2.1 Objetivo Geral.....	29
2.2 Objetivos Específicos.....	29
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	30
3.1 Treinamento Físico.....	30
3.2 Fadiga.....	35
3.3 Sistema Nervoso Central.....	45
3.4 Sistema Nervoso Autônomo.....	49
3.5 Variabilidade da Frequência Cardíaca.....	58
3.7 Habilidades Cognitivas.....	67
4. MÉTODO.....	71

4.1 Caracterização da Pesquisa.....	71
4.2 Participantes.....	72
4.3 Instrumentos.....	74
4.4 Coleta.....	82
4.5 Análise dos Dados.....	84
5. RESULTADOS.....	86
5.1 Caracterização da Amostra.....	86
5.2 Avaliação Individual dos Atletas.....	87
5.2.1 Atleta 1.....	87
5.2.2 Atleta 2.....	93
5.2.3 Atleta 3.....	99
5.2.4 Atleta 4.....	104
5.2.5 Atleta 5.....	110
5.2.6 Atleta 6.....	116
5.2.7 Atleta 7.....	121
5.2.8 Atleta 8.....	126
5.3 Desempenho Cognitivo – Análise Geral.....	132
5.4 VFC Durante Atividade Cognitiva – Análise Geral.....	134

5.5 Correlação entre VFC e Desempenho Cognitivo.....	135
6. DISCUSSÃO DOS DADOS.....	137
7. CONCLUSÃO.....	157
REFERÊNCIAS.....	159
APÊNDICES.....	180

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Caracterização da amostra.....	87
Tabela 02	Indicadores Psicofisiológicos do atleta 1.....	90
Tabela 03	Indicadores Psicofisiológicos do atleta 2.....	96
Tabela 04	Indicadores Psicofisiológicos do atleta 3.....	101
Tabela 05	Indicadores Psicofisiológicos do atleta 4.....	107
Tabela 06	Indicadores Psicofisiológicos do atleta 5.....	112
Tabela 07	Indicadores Psicofisiológicos do atleta 6.....	118
Tabela 08	Indicadores Psicofisiológicos do atleta 7.....	124
Tabela 09	Indicadores Psicofisiológicos do atleta 8.....	129
Tabela 10	Desempenho cognitivo dos atletas antes e depois do esforço físico.....	133
Tabela 11	VFC durante atividade cognitiva antes e depois do esforço máximo.....	135
Tabela 12	Correlação entre VFC e desempenho cognitivo.....	136

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Periodização.....	34
Figura 02	SNA.....	54
Figura 03	R-R.....	59
Figura 04	Grade de Números.....	75
Figura 05	Polar RS800.....	77
Figura 06	Representação gráfica das análises do <i>Kubios</i>	81
Figura 07	Roteiro.....	83
Figura 08	Comparação da porcentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 1.....	88
Figura 09	Comparação entre o tempo para a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 1.....	88
Figura 10	Comparação entre o desvio padrão dos cliques durante a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 1.....	89
Figura 11	Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 1.....	91
Figura 12	Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 1.....	91
Figura 13	Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 1.....	92

Figura 14	Gráfico de linha do comportamento da variável D2 durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 1.....	93
Figura 15	Comparação da porcentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 2.....	93
Figura 16	Comparação entre o tempo para a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 2.....	94
Figura 17	Comparação entre o desvio padrão dos cliques durante a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 2.....	95
Figura 18	Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 2.....	97
Figura 19	Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 2.....	97
Figura 20	Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 2.....	98
Figura 21	Gráfico de linha do comportamento da variável D2 durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 2.....	98
Figura 22	Comparação da porcentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 3.....	99
Figura 23	Comparação entre o tempo para a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 3.....	100
Figura 24	Comparação entre o desvio padrão dos cliques durante a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 3.....	100

Figura 25	Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 3.....	102
Figura 26	Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 3.....	103
Figura 27	Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 3.....	103
Figura 28	Gráfico de linha do comportamento da variável D2 durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 3.....	104
Figura 29	Comparação da porcentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 4.....	105
Figura 30	Comparação entre o tempo para a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 4.....	105
Figura 31	Comparação entre o desvio padrão dos cliques durante a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 4.....	106
Figura 32	Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 4.....	108
Figura 33	Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 4.....	108
Figura 34	Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 4.....	109
Figura 35	Gráfico de linha do comportamento da variável D2 durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 4.....	110

Figura 36	Comparação da porcentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 5.....	110
Figura 37	Comparação entre o tempo para a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 5.....	111
Figura 38	Comparação entre o desvio padrão dos cliques durante a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 5.....	112
Figura 39	Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 5.....	113
Figura 40	Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 5.....	114
Figura 41	Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 5.....	115
Figura 42	Gráfico de linha do comportamento da variável D2 durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 5.....	115
Figura 43	Comparação da porcentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 6.....	116
Figura 44	Comparação entre o tempo para a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 6.....	117
Figura 45	Comparação entre o desvio padrão dos cliques durante a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 6.....	117
Figura 46	Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 6.....	119

Figura 47	Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 6.....	119
Figura 48	Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 6.....	120
Figura 49	Gráfico de linha do comportamento da variável D2 durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 6.....	121
Figura 50	Comparação da porcentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 7.....	121
Figura 51	Comparação entre o tempo para a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 7.....	122
Figura 52	Comparação entre o desvio padrão dos cliques durante a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 7.....	123
Figura 53	Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 7.....	124
Figura 54	Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 7.....	125
Figura 55	Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 7.....	125
Figura 56	Gráfico de linha do comportamento da variável D2 durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 7.....	126
Figura 57	Comparação da porcentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 8.....	127

Figura 58	Comparação entre o tempo para a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 8.....	127
Figura 59	Comparação entre o desvio padrão dos cliques durante a realização da tarefa antes e depois do esforço físico do atleta 8.....	128
Figura 60	Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 8.....	130
Figura 61	Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 8.....	130
Figura 62	Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 8.....	131
Figura 63	Gráfico de linha do comportamento da variável D2 durante a realização da grade de números antes e depois do esforço físico do atleta 8.....	132

LISTA DE SIGLAS

VFC – Variabilidade da Frequência Cardíaca.

SNA – Sistema Nervoso Autônomo.

LEC – Laboratório de Educação Cerebral.

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina.

SNP – Sistema Nervoso Parassimpático.

SET – Síndrome do Excesso de Treinamento.

BRUMS – Escala de Humor de Brunel.

SNC – Sistema Nervoso Central.

SFMS – Société Française de Medicine Du Sport.

VO₂ – Volume de Oxigênio.

FE – Funções Executivas.

SNS – Sistema Nervoso Simpático.

FC – Frequência Cardíaca.

PA – Pressão Arterial.

R-R – Intervalo de tempo. Geralmente, expresso em milissegundos entre as ondas R da atividade elétrica do coração. A assinatura energética R do complexo QRS (presente para cada batimento) refere-se em um pico de energia superior aos demais. Por isso, pode ser utilizado como referencial para a mensuração do intervalo de tempo entre os batimentos cardíacos.

ACTH – Hormônio Adrenocorticotrófico.

LF/HF – Relação entre os componentes LF e HF, representa o predomínio da atividade simpática.

D2 – Indicador da análise não linear com cálculo matemático baseado na Teoria do Caos. Representa a dinâmica de interação do organismo ao ambiente, ou seja, a adaptação do organismo.

SDNN – Desvio padrão dos intervalos de R-R normais gravados em um intervalo de tempo. Expresso em milissegundos, indica a atividade parassimpática.

HR – Heart Rate. Representa frequência cardíaca em inglês.

RMSSD – Índice de medida da VFC que representa a Raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre R-R adjacentes. Simboliza a atividade parassimpática do SNA.

LF – Low Frequency. Componente de baixa frequência da VFC pela análise espectral. Indica a atividade do SNS.

HF – High Frequency. Componente de alta frequência da VFC pela análise espectral. Indica predomínio da atividade no SNP.

SD1 – Representa um resultado da análise de Poincaré, sugerindo a ação do nervo vago (SNP).

SD2 – Representa um resultado da análise de Poincaré, da atividade do SNS.

VD – Variável Dependente.

VI – Variável Independente.

CBT – Confederação Brasileira de Tênis.

LAEF – Laboratório de Esforço Físico.

GN – Grade de Números.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo principal verificar o efeito da Variabilidade da Frequência Cardíaca em tenistas em teste cognitivo antes e após esforço físico. Para isto, foram selecionados intencionalmente 8 atletas com faixa etária média de 16,7 anos. Para registro da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) foi utilizado um cardiofrequencímetro da Polar RS800. As medidas foram coletadas nas situações de linha de base, atividade cognitiva grade de números e recuperação antes e depois do esforço físico. Como tarefa cognitiva, foi utilizado a Grade de Números e para o esforço físico máximo, o teste T-car. Os indicadores da VFC foram obtidos por meio do software *Kubios HRV Analysis*, que forneceu dados lineares e não lineares para investigação. Os dados fornecidos pela grade de números foram analisados por meio de planilhas no Excel. A pesquisa seguiu o delineamento de estudo de caso, de natureza correlacional onde as variáveis estudadas foram a variabilidade da frequência cardíaca e o desempenho cognitivo, onde a VI foi o esforço físico e a VD foi a VFC. Os resultados indicaram que não houve diferenças significativas no desempenho cognitivo ao se comparar com antes e depois do exercício, apesar de apresentar quedas na acurácia, queda no tempo e na estabilidade para realização da grade de números no pós esforço. Verificou-se que houve diferenças significativas na VFC antes e depois do esforço máximo em algumas variáveis da VFC e que houve correlação média entre algumas variáveis da VFC e desempenho cognitivo. Há necessidade de um estudo que acompanhe os atletas individualmente para adequação de planilhas de treinamento e intervenção. Encontrou-se grande desvio padrão entre as variáveis da VFC, o que enfatiza a individualização do estudo. Sugere-se a criação de um banco de dados para elaboração de um perfil específico do atleta de tênis e possíveis comparações de resultados. Como fator limitante, cita-se a quantidade da amostra, a falta de acompanhamento a longo prazo do atleta, falta de controle de variáveis como sono, fatores emocionais e estado de humor.

Palavras chave: Variabilidade da frequência cardíaca; cognição; atletas; fadiga.

ABSTRACT

The present study aimed to verify the effect of Heart Rate Variability in tennis players in cognitive testing before and after physical effort. It was intentionally selected 8 athletes with a mean age of 16.7 years. For registration of the Heart Rate Variability (HRV) a heart rate monitor from Polar RS800 was used. The measures were collected at baseline situations, cognitive activity at the grid of numbers and recovery before and after physical exertion. As a cognitive task, was used the grid numbers and for the maximum physical exertion, the T -car test. The indicators of HRV were obtained through the software Kubios HRV Analysis that provided linear and nonlinear data for research. The data supplied by the grid numbers were analyzed using Excel spreadsheets. The research followed the design of the single case study, the nature of the study was correlational, where the variables were heart rate variability and cognitive performance, where independent variable was the physical effort and the dependent variable was the HRV. The results indicated that there were no significant differences in cognitive performance when compared with before and after exercise, despite a drop in accuracy, decrease in time and stability to perform the grid of numbers on post effort. It was found that there were significant differences in HRV before and after maximal exercise in some HRV variables and that there was a medium correlation between variables of HRV and cognitive performance. There is need for a study to monitor the athletes individually for suitability of spreadsheets for training and intervention. It was found a large standard deviation between the variables of HRV, which emphasizes individualization study. It is suggested the creation of a database for the development of a specific tennis player profile and the possible comparisons of results. As a limiting factor it was the amount of the sample, the lack of long-term monitoring of the athletes, lack of control of some variables such as sleep, emotional factors and mood.

Key words: Heart rate variability; cognition; athletes; fatigue.

1. INTRODUÇÃO

Para quem conhece o mundo do tênis, imagine Rafael Nadal jogando a sua primeira partida em Wimbledon na final contra o número um do mundo: Roger Federer. Em sua biografia, quando comenta sobre esta partida, o mesmo cita um trecho interessante sobre domínio mental e aspectos psicológicos como fatores determinantes para vitória. Manter o foco, mesmo diante da situação de alto desgaste físico e psicológico promovido pelo jogo é o diferencial para se conquistar a partida (Nadal & Carlin, 2011).

O tênis é um esporte complexo, cujo treinamento envolve além dos fundamentos do jogo, fatores físicos e psicológicos. É um esporte que pode ser classificado como uma modalidade intermitente, em virtude da alternância entre estímulo e pausa ao longo de uma partida (Caldeira, 2011). Somente são treinados tempo de reação, resistência, velocidade, força, explosão, habilidades técnicas e táticas, treino mental, entre outros (Kraemer et al., 2003).

Não apenas tenistas, mas atletas de elite em geral, sofrem dois tipos principais de desgaste: o físico e o mental (Cruz, 2008). A busca por melhores resultados os leva a extrapolarem limites, aumentando o risco do surgimento de estresse, fadiga e lesões, que por vezes, levam o atleta a abandonar o esporte (Budgett, 1998).

Pela complexidade do sistema competitivo do tênis e das exigências internas do jogo, o planejamento e a orientação do treinamento exige o entendimento de inúmeras variáveis determinantes para um bom desempenho nos confrontos. O suporte científico aos treinadores advém, sobretudo, de trabalhos que investigaram, dentre outras variáveis, o

comportamento da frequência cardíaca, da concentração do lactato, do consumo de oxigênio em situações de campo e laboratoriais objetivando a caracterização do esforço do tenista (Bergeron, 2003; Kovacs, 2006).

Mesmo com todo o embasamento científico da parte de seus preparadores físicos, há dificuldade em adequar o treinamento ao calendário esportivo. Caldeira (2011) explica que um tenista que participa de competições, juvenis ou profissionais pode tomar a decisão de jogar em uma competição em menos de uma semana do início do torneio.

A elaboração das planilhas de treinamento fica prejudicada, sem respeitar adequadamente os períodos de recuperação. Além disso, as partidas não possuem tempo determinado para término, podendo levar horas de duração. O surgimento da fadiga vem como consequência destes fatores e da dificuldade do preparador em detectar seus primeiros sintomas, como mudanças de humor, queda do rendimento físico, cognitivo e da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (Budgett, 1998; Rohlf, Mara, Lima & Carvalho, 2005).

Monitorar estes sintomas por meio da VFC é importante, devido ao fato desta fornecer dados quantitativos para análise. Em conjunto de uma avaliação cognitiva, por exemplo, os resultados obtidos poderão ser comparados durante diversas situações e fases de treinamento (Luft, Takase & Darby, 2009). Neste sentido, é possível quantificar e interpretar a interação entre o corpo e a mente para fins de ajustes de treinamento tanto físico como mental, ou seja abrangendo áreas de Treinamento desportivo, Psicologia e Neurociências.

Levando em consideração a teoria de que há correlação entre o córtex frontal e o sistema nervoso autônomo (SNA), Thayer e Ruiz-Padial (2006) e Thayer, Hansen, Saus-Rose e Johnsen (2009) falam sobre um

modelo teórico chamado neuroviceral, que sugere que o córtex pré-frontal, associado ao funcionamento executivo (planejamento, controle inibitório, atenção seletiva, memória de trabalho e organização) é capaz de inibir e modular os impulsos do sistema límbico e das respostas cardiovasculares.

Esta teoria levou alguns pesquisadores a realizar estudos sobre o assunto. Casado et al. (2013) por exemplo, ao comparar o desempenho cognitivo (vigilância psico motora, visuo espacial e de discriminação) com a VFC de pessoas fisicamente ativas e pessoas fisicamente inativas, observaram maior redução da VFC nos testes de discriminação em comparação com aos outros testes. Foi verificado também que maior VFC está relacionada com maior desempenho cognitivo no teste de tempo de reação.

O estudo de Luft, Takase e Darby (2009), realizado no Laboratório de Educação Cerebral (LEC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) comparou as alterações da VFC de atletas de atletismo com o desempenho cognitivo em diferentes situações: uma antes e outra depois de um teste incremental de consumo máximo de oxigênio. Foi verificado que, durante as tarefas cognitivas executivas, houve um aumento na modulação do Sistema Nervoso Parassimpático (SNP).

Hynynem, Uusitalo, Konttinen e Husko (2008) estudaram a relação entre cognição e VFC comparando respostas autonômicas de um teste em que avalia a resposta cardíaca durante a movimentação do sujeito da posição deitado para a posição em pé e um teste cognitivo executivo (Stroop Test) em dois grupos de atletas: um grupo com Síndrome do Excesso de Treinamento (SET) e o outro, grupo controle. A VFC foi registrada nas duas condições: antes e depois da tarefa cognitiva, os

resultados mostraram que o grupo com SET apresentou mais erros no teste cognitivo e menor VFC em ambas as situações.

Este modelo de estudo pode vir a ser interessante por fornecer dados da integração mente e corpo para fins de prevenção de fadiga. Hansen, Johnsen, Sollers, Stenvik e Thayer (2004) observaram que algumas habilidades cognitivas como a memória de trabalho e a atenção seletiva estão associadas a um bom funcionamento do córtex pré frontal. E é este que atua no controle da atividade vagal do sistema cardiovascular. Neste sentido, quando há queda de desempenho cognitivo e baixa VFC, é sinal de que os processos psicofisiológicos do atleta estão desregulados.

Sinais de fadiga crônica diminuem os impulsos do córtex pré frontal e acabam por afetar o SNA. Luft, Takase e Darby (2009) sugerem a hipótese de que atividades de alta intensidade promovem a diminuição da atividade metabólica do córtex pré frontal, o que gera queda da ativação de neurônios motores, inputs sensoriais e modulação autonômica, e assim queda na VFC. Ou seja, a fadiga promove uma diminuição da capacidade de estímulos nervosos ao córtex pré frontal, que acarreta na diminuição das habilidades cognitivas e desregulação do SNA.

A fadiga é um grande precursor da SET, o conhecimento de seus correlatos psicofisiológicos pode servir como ferramenta na construção de métodos e protocolos que auxiliem na intervenção de fatores preventivos ao seu surgimento. Ao monitorar a fadiga, o atleta tem a possibilidade de identificar sua habilidade de recuperação tanto física quanto mental afim de aperfeiçoar o seu desempenho (Fowles, 2006).

Com a consideração de que a fadiga afeta o sistema nervoso central (SNC) e SNA, alguns autores se interessaram pelo estudo da VFC de atletas, visando ampliar os instrumentos para identificá-la e prevenir o

surgimento da SET (Apor, Petrekanich, & Szamado, 2009; Hynynen, *et al.*, 2008). Com o SNC afetado, há queda de impulsos elétricos que desregulam algumas de suas funções. No lobo frontal, por exemplo, que processa as funções executivas como a memória de trabalho e atenção seletiva há queda de rendimento e também nos ajustes do SNA, como queda da VFC (Miyimoto, 2010; Thayer & Lane, 2000).

Existem outras formas de se detectar o surgimento da SET, como a análise de marcadores bioquímicos. Porém, estes ainda estão em discussão. Além disso, são caros e realizados somente através de análises laboratoriais. Níveis séricos de pré-albumina, creatina quinase, cortisol e testosterona salivar apresentaram dados inconsistentes para detecção da síndrome (Hartmann & Mester, 1998; Mourot *et al.*, 2004).

Com objetivo de mensurar a fadiga alguns pesquisadores desenvolveram questionários (Bricout, Charrier, & Favre-Juvin, 2007) e escalas (Rohlfis, Carvalho, Rotta & Krebs, 2004). Outros buscaram indicadores mais diretos para monitorar a fadiga, tanto cognitivos (Hynynen, Uusitalo, Kontinen & Rusko, 2008; Nederhof, Lemmink, Visscher, Meeusen & Mulder, 2006) quanto psicofisiológicos (Korobeynikov, Rossokha, Koniaeva, Medvedchuk & Kulinich, 2006; Rietjens, *et al.*, 2005).

O uso de questionários visa medir o estresse psicofisiológico e a avaliar o grau de sobrecarga em atletas. O questionário de *overtraining* SFMS (*Société Française de Médecine Du Sport*) por exemplo, foi utilizado em conjunto com medidas da VFC e desempenho cognitivo em atletas da seleção espanhola de hockey sobre a grama, que estavam treinando para as olimpíadas de Pequim, 2008. As avaliações foram realizadas em diferentes fases do treinamento. O estudo levantou a proposta de correlacionar índices

da VFC com respostas dos questionários com fim de evitar o surgimento da SET (Cervantes, Floriti, Parrado, Rodas & Capdevilla, 2009). No entanto, não foram encontrados protocolos mais completos, ou com boa aplicação e fácil leitura para técnicos e atletas no seu cotidiano de treinamento (Bricout, *et al.*, 2007). Além disso, os pesquisadores brasileiros carecem de métodos para realizar suas pesquisas, especialmente instrumentos válidos em relação aos outros utilizados no exterior. Mesmo no exterior, são raros os protocolos de avaliação construídos com sua própria tecnologia, validada especificamente para tal.

No Brasil, não foram identificadas pesquisas que apresentassem validação de protocolos para prevenir ou identificar SET. Foi encontrado apenas a validação de um instrumento para identificar estados de humor, o BRUMS (Rohlf, *et al.*, 2008). Este é um instrumento importante, pois é de breve aplicação e fácil utilização. Porém, por si só, não fornece informações tão relevantes, sendo que algumas respostas são subjetivas.

Marcadores como a VFC se mostraram mais consistentes, são de baixo custo e podem ser analisados em tempo real. Apresentam ainda, um diferencial pois seus estudos envolvem correlações entre a mente e o corpo, nas quais, os ajustes neurais do SNC para situações de estresse, fadiga e síndrome do excesso de treinamento estão diretamente ligados ao Sistema Nervoso Autônomo (Aubert, Seps & Beckers, 2003). Quando há uma desregulação neste sistema há alterações na VFC e no desempenho das respostas cognitivas.

Ao longo de uma análise de artigos, verificou-se que a VFC e o desempenho cognitivo podem fornecer dados que auxiliarão no treinamento do atleta, pois estas variáveis vêm a servir de ferramenta na identificação da

má recuperação tanto física quanto mental do atleta e na construção de protocolos que evitem o aparecimento do quadro de fadiga crônica.

O principal desafio deste estudo então, foi elaborar um método de avaliação por meio da interação cérebro e mente que auxilie na obtenção de dados para fins de intervenção na preparação de atletas auxiliando na prevenção da instalação do quadro de fadiga e SET. O foco esteve na ideia da análise da VFC durante teste cognitivo antes e depois de um teste de esforço físico máximo. Assim, o estudo buscou responder a seguinte pergunta: Como se comporta a VFC em de tenistas em um teste cognitivo após esforço máximo?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

-Verificar o efeito da VFC em tenistas em teste cognitivo antes e após esforço físico.

2.2 Objetivos Específicos

-Avaliar a variabilidade da frequência cardíaca em tenistas profissionais antes, durante e após a atividade cognitiva;

- Verificar diferenças entre as variáveis da VFC durante a linha de base, início de atividade cognitiva e depois da atividade cognitiva;

-Verificar diferenças cognitivas e da VFC antes e depois de um teste de esforço máximo;

- Correlacionar VFC e desempenho cognitivo;

- Correlacionar a Variabilidade da frequência Cardíaca com o desempenho cognitivo dos atletas antes e depois do teste de esforço máximo.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Treinamento Físico

Treinamento vem do ato de treinar, tem como sinônimos adestrar, habituar, acostumar, exercitar-se. Este é o principal fator ao qual o atleta está sujeito para que o mesmo possa se destacar nas competições, ou seja, obter o triunfo competitivo (Rosa, de La., 2001). No âmbito esportivo, o atleta treina condicionamento físico, habilidades motoras e cognitivas que acabam por interligar as áreas de treinamento físico e mental, educação física, psicologia do esporte e neurociências.

O treinamento envolve uma série de adaptações, tanto físicas quanto mentais. Foi constatado que atletas treinados apresentam além das adaptações neurais, também adaptações fisiológicas, nas quais pode-se observar redução da frequência cardíaca em repouso, redução da frequência cardíaca do exercício e aumento da VFC em geral (Levy *et al.*, 1998).

Os atletas de alto rendimento, ao longo dos anos, vêm superando limites que antes eram inimagináveis. Em decorrência do treinamento, aprendem a controlar melhor seus movimentos com o objetivo de ganhar competições e atingir novos recordes. Esta aprendizagem requer gastos energéticos e a diferenciação do atleta que se destaca é a de realizar da melhor forma a habilidade específica do esporte com menor gasto de energia (Yarrow, Brown & Krakauer, 2009).

Apesar dos avanços nas pesquisas relacionadas a cargas de treinamento, ainda não foi identificado um marcador específico e confiável para monitorar as cargas de treinamento, isto porque nenhum parâmetro isolado é suficiente para predizê-lo. Assim, o monitoramento do treinamento do atletas deve envolver uma avaliação multivariada para

mensurar a adaptação a certas cargas de treino (Freitas, Miranda & Filho, 2009).

O treinamento físico é caracterizado pela prática do exercício físico de forma sistemática. O exercício físico envolve a retirada do organismo de sua homeostase, que implica no aumento instantâneo da demanda energética da musculatura exercitada, e requer adaptações fisiológicas, principalmente dos mecanismos cardiovasculares dependentes de fatores neurais (Menezes *et al.*, 2009). É dependente do tipo de esporte que o atleta pratica e busca manipular a intensidade, volume e tipo do exercício durante as sessões com finalidade de aumentar a motivação, redução de lesões e evitar a SET (Kraemer, *et al.*, 2002).

É um processo complexo, regular e planejado. Dentro de suas planificações o treinamento visa a melhora da performance. Neste sentido, acaba por torna-se uma fonte causadora de estresse que é fundamental ao rendimento. Assim, deverá alternar os longos períodos de treino intenso com períodos mais curtos para recuperação (Mourot *et al.*, 2004; Bara Filho, Nogueira, Andrade, Fernandes, & Ferreira, 2010).

Ao preparador que tem como base a fundamentação científica, seguir os princípios do treinamento é fundamental para o êxito no seu trabalho. O princípio que o presente estudo põe em evidência, é o da individualidade. De acordo com Lussac (2008) não existem pessoas iguais entre si, cada um apresenta uma característica física e psicológica diferente e cabe ao treinador identificá-las para adequar seu treino corretamente. Identificar estas características seria portanto, o passo inicial para o início da elaboração do treinamento.

Neste sentido, antes de se iniciar uma sessão de treinamento, o ponto de referência para a prescrição do exercício é a avaliação inicial do

atleta. Após a identificação das características do mesmo, como testes físicos, avaliações da frequência cardíaca de repouso e máxima, antropométrica, entre outros, será possível a elaboração da planilha. A frequência cardíaca de repouso por exemplo, servirá como um referencial da adaptação do organismo do indivíduo aos ajustes de cargas iniciais (Marães, 2010).

O treinamento inicial é pesado e a princípio provoca queda de performance. Porém, quando seguido de recuperação adequada há a ocorrência da supercompensação e melhora da performance. O treino é desenhado de forma cíclica, também chamado de periodização. A periodização é uma distribuição de cargas ao longo da temporada, que visa organizar as adaptações ao treinamento de acordo com períodos de adaptação, pré-competitivos, competitivos e de recuperação (Budget, 1998).

Deverá buscar um equilíbrio entre a distribuição de cargas e treino e os períodos de recuperação. É por meio deste planejamento que ocorrem as adaptações psicofisiológicas e neuromusculares necessárias ao organismo para determinado esporte (Bara filho et al., 2010). A Figura 01, ilustra os períodos ideais de treinamento e recuperação para melhora de desempenho.



Figura 01. Periodização. Modelo de treinamento e recuperação a ser aplicado em uma periodização (Cruz, 2008. Pág. 45).

A fase de treinamento intenso, que também pode ser conhecida como *overreaching* vem acompanhada da queda da VFC (Mourot et al., 2004). Esta fase é uma parte importante do treino, pois promove aumento de rendimento, seu período de recuperação é curto e leva aproximadamente duas semanas (Budget, 1998). Já quando o período de recuperação necessita de tempos mais prolongados, é quando pode surgir o *overtraining* ou SET.

A SET vem a ser compreendida como um distúrbio neuroendócrino, que ocorre no eixo hipotálamo/hipófise e resulta no desequilíbrio entre a demanda do exercício e a capacidade de resposta do organismo. Geralmente vem associada a queda no desempenho, lesões, fadiga crônica entre outros (Martins, 2008).

Devido à grande exigência do esporte competitivo, treinadores aumentam gradativamente as cargas e intensidade do treinamento sem respeitar corretamente o tempo de recuperação do atleta. Neste sentido, falta à periodização o espaço para que ocorra a supercompensação, os períodos de adaptação são inadequados a demanda de exercícios proposta pelo treinador, sujeitando o atleta à maior exposição e surgimento da SET (Garrett & Kirkendall, 2003).

Encontrar uma forma rápida e prática de medir aspectos relacionados à fadiga tornou-se fundamental para que o estresse do exercício respeite os períodos corretos da recuperação do atleta, evitando que o quadro de fadiga venha a se instalar.

3.2 Fadiga

Atletas que não conseguem se recuperar adequadamente às cargas de treinamento, apresentam uma problemática geradora de conseqüências

negativas ao seu desempenho acompanhada do aumento de complicações no decorrer da carreira (Bricout, Charrier & Favre-Juvin, 2007). Se o processo de fadiga não for detectado com antecedência, pode se tornar tão severo que a recuperação não ocorre mesmo depois do período de duas semanas de descanso (Budget, 1998).

Como definição, a fadiga é entendida por ser um estado físico e mental resultante de um esforço prolongado ou repetitivo que repercute sobre sistemas no organismo e provoca alterações de suas funções (Kube, 2010). Também é caracterizada como uma complexa desordem que surge quando há intensa demanda física ou mental sem que haja a devida recuperação do organismo (Majer *et al.*, 2008).

A fadiga pode afetar o indivíduo de duas maneiras, por meio do sistema nervoso periférico e do SNC. Quando é periférica, o indivíduo manifesta alterações hormonais como redução na resposta do cortisol ao hormônio adeno-corticotrófico (Rietjens, *et al.*, 2005) e aumento da suscetibilidade a infecções causadas por mau funcionamento do sistema imunológico (Nederhof, *et al.*, 2006).

Essa divisão considera fatores metabólicos que afetam principalmente os músculos como fadiga periférica. Alguns estudos apontam como sendo o principal fator limitante em alguns esportes. Devido a complexidade dos eventos envolvidos na ação muscular, a fadiga pode ocorrer em virtude da falha de qualquer um, ou de todos, os diferentes mecanismos que participam da ação muscular (Bertolassi, 2007).

A fadiga periférica parece estar diretamente associada às características da tarefa utilizada. Os principais mecanismos de fadiga incluem alterações na condução de potenciais de ação dos diferentes níveis do sistema nervoso central até as unidades motoras que são ativadas, afetam

a propagação neuromuscular a utilização dos substratos metabólicos, o acoplamento excitação-contração e promovem alterações intracelulares e do fluxo sanguíneo muscular (Enoka & Stuart, 1992). Portanto, a fadiga periférica relaciona-se às ações musculares referentes ao esporte praticado e a fadiga central se relaciona diretamente com o controle do sistema nervoso central.

Quando a fadiga é central, os sintomas incluem alterações nos estados de humor, insônia, dificuldades cognitivas como falta de atenção e concentração (Nederhof, et al., 2006) Os ajustes neurais do SNC para situações de estresse, fadiga e síndrome do excesso de treinamento estão diretamente ligados ao Sistema Nervoso Autônomo (Aubert, Seps & Beckers, 2003). Quando há uma desregulação neste sistema há alterações na VFC e no desempenho das respostas cognitivas.

O hipotálamo, que controla grande parte de neurotransmissores com papel importante no sistema neuroendócrino e comportamental, começa a sofrer alterações decorrentes da fadiga (Nederhof, Zwerve, Brink, Meeusen & Lemmink, 2008). Dietrich (2004) explica que estas alterações acabam gerando uma diminuição da atividade metabólica do córtex pré frontal, o que leva a uma queda da ativação de neurônios motores, inputs sensoriais e do SNA e, conseqüentemente das funções executivas.

A queda da atividade do córtex pré frontal leva a um declínio na performance das funções executivas e nos processamentos cognitivos. Por isto, a habilidade de manter a atenção e de habilidades psicomotoras tendem a sofrer alterações (Killgore, Grugle, Reichardt, Killgore, & Balkin 2009). Percebe-se que a fadiga é um fenômeno complexo, que causa uma problemática ao atleta como redução na capacidade do músculo em gerar força e aumento no tempo de reação e distúrbio no controle fino do

movimento e vem acompanhada de alguns marcadores como alterações bioquímicas, cognitivas e psicológicas (Bertolassi, 2007), possíveis de serem detectados.

Estudos sobre estes marcadores surgiram com fins de diagnóstico, tratamento e prevenção. Margonis, et al. (2007) na procura por marcadores, examinaram um protocolo de exercício progressivo num período de 12 semanas em indivíduos do sexo masculino. Foram encontrados aumento de isoprostanos urinários, catalase e glutatona oxidada. Estes resultados indicaram alta correlação entre a queda de desempenho e o aumento do volume de treinamento.

A problemática de estudar estes tipos de marcadores seria as suas medidas, principalmente a dos bioquímicos, por ser diversas vezes complexa e cara. Além disto, não fornece ao treinador os resultados em tempo real. Por sua vez, o funcionamento dos mecanismos bioquímicos e metabólicos do processo de fadiga ainda não são totalmente conhecidos (Rohlf's *et al.*, 2006).

Na busca de uma melhor forma de identificar a fadiga, alguns pesquisadores desenvolveram questionários (Bricout, Charrier, & Favre-Juvin, 2007) e escalas (Rohlf's, Carvalho, Rotta, & Krebs, 2004). Outros buscaram indicadores mais diretos, tanto cognitivos (Hynynen, Uusitalo, Konttinen, & Rusko, 2008; Nederhof *et al.*, 2006) quanto psicofisiológicos (Korobeynikov, *et al.*, 2006; Rietjens, et al., 2005) para monitorar a fadiga. No entanto, não foram encontrados protocolos mais completos, ou com boa aplicação e fácil leitura para técnicos e atletas no seu cotidiano de treinamento (Bricout, et al., 2007).

Outra forma de identificar a fadiga, seria por meio de testes neuropsicológicos, que constituem um método de avaliar as funções

cognitivas através do estudo da expressão comportamental das disfunções cerebrais. Para o teste ser completo deve incluir o exame das funções cognitivas e emocionais, que avaliem as habilidades de atenção, orientação, memória, linguagem, percepção e pensamento lógico abstrato como por exemplo a realização de cálculos matemáticos (Lezak, Howieson & Loring, 2004).

As funções executivas tendem a apresentar declínio quando há sinal de fadiga. Clemente (2010) em sua revisão, encontrou estudos que correlacionaram baixa resposta cognitiva, de processamento de informações e memória, com exercícios submáximos que conduzem a desidratação e esgotamento de substratos energéticos. Já em seus estudos, que submetem ciclistas jovens a 30 minutos de exercício, para medir volume de oxigênio máximo (VO₂) em uma bicicleta ergométrica, não foram encontrados dados significativos relacionados ao desempenho cognitivo.

Para avaliar fadiga mental com testes neurofisiológicos, foram realizados por Barwik, Arnett e Slobounov (2011) avaliações em atletas que reportaram estar sofrendo de fadiga. No teste foi detectado aumento de erros na execução do teste do efeito stroop ao final, sugerindo aumento de fadiga. Para verificar os efeitos do estresse na performance cognitiva entre grupos, foi medido o efeito Stroop (Stroop Test Word Conflict Test) em conjunto com uma escala para quantificar fadiga (POMS). Os resultados foram semelhantes ao estudo anterior, ou seja, indivíduos fadigados apresentaram maior número de erros no referido teste (Fogt, Kalns & Michael, 2010).

O efeito Stroop, é um teste cognitivo que requer que o individuo responda a elementos específicos de um estímulo enquanto inibe processos mais automatizados. Desta forma, é uma importante ferramenta para

detecção de fadiga mental (Barbosa, Prada, Glanner, Nóbrega, & Cordova, 2010). Dupuy, Renaud, Bherer e Bosquet (2010) investigaram o efeito da fadiga em atletas que aumentaram a carga de treinamento por um período de duas semanas sobre as funções executivas utilizando Stroop Test Word Conflict Test. No estudo, os autores observaram que com o aumento da fadiga, houve uma queda no desempenho das tarefas executivas, principalmente no número de acertos no teste.

Em uma pesquisa para induzir a fadiga nos movimentos oculares, foi realizada uma tarefa cognitiva por 30 minutos sem intervalo. Os resultados indicaram que conforme o tempo na tarefa aumentava, o tempo total da fixação nos elementos da tarefa diminuía significativamente, bem como o número de fixações. Essas mudanças no direcionamento do olhar apresentaram correlação com os erros cometidos pelos sujeitos nas tarefas cognitivas (Lavine, Sibert, Gokturk & Dickens, 2002).

A fadiga quando não detectada, pode desencadear o estabelecimento do quadro da SET, ou *overtraining*. Budget (1998) define este quadro como uma condição de fadiga e baixo desempenho, associados a infecções e rebaixamento de humor que ocorrem após um pesado treinamento ou competição.

Um estado de SET está relacionado com o desequilíbrio entre treinamento, competição e recuperação, normalmente ocorre em atletas de alta performance (Mourot et al., 2004). Este desequilíbrio acontece quando há sobrecargas no treinamento, que a princípio visa proporcionar melhoras de desempenho, mas quando não há adaptação ao volume e à intensidade, e a recuperação não é suficiente, alguns atletas começam a apresentar sintomas relacionados à síndrome. (Hartmann & Mester, 1998).

Termos como síndrome do excesso de treinamento, síndrome da fadiga crônica relacionada ao esporte e *burnout* foram usados para tentar definir e diagnosticar a ocorrência de seus sintomas. Em 1999, depois de uma mesa redonda entre estudiosos para definir um critério para este, chegou-se a um consenso de que a fadiga crônica em atletas seria denominada síndrome do excesso de treinamento (Budget et al., 2000).

A súbita queda de desempenho é um problema comum que ocorre de 10% a 20% em atletas de alto rendimento. Lesões músculo esqueléticas e distúrbios psicológicos acompanham a síndrome, e desencadeiam sérias consequências à carreira do atleta, como afastamento temporário ou mesmo abandono precoce da prática esportiva (Lehmann, Foster, Dickhut, & Gastamann, 1998). Atletas que foram diagnosticados com a síndrome apresentaram queda de rendimento e dificuldade em se manter no programa de treinamento, e mesmo no período de recuperação os sintomas não foram reduzidos (Mourot, et al., 2004).

É difícil estabelecer um diagnóstico para a SET sem um acompanhamento histórico e físico do atleta, examinado por um profissional competente. Entretanto, as principais evidências para sua detecção é a constante queda de performance e as alterações de humor (Budget et al., 2000). Alguns pesquisadores realizaram estudos na busca da elaboração de protocolos para detectar a SET, como por exemplo Brandt, Viana, Segato e Andrade (2010) que utilizaram a Escala de Humor de Brunel como marcador psicológico para analisar os estados de humor de velejadores e detectar se houve ou não a ocorrência da SET.

Verifica-se portanto, que a fadiga quando não detectada precocemente, apresenta risco para a saúde do atleta, assim como à sua permanência no programa de treinamento e competições. A fadiga pode vir

a ser detectada por meio de alguns marcadores, tanto centrais quanto periféricos, que vêm a ser avaliados por meio de coletas fisiológicas, psicológicas, testes cognitivos e respostas psicofisiológicas do atleta ao meio em que o mesmo está sendo exposto.

3.3 Sistema Nervoso Central

O SNC compreende o cérebro e a medula espinal. É responsável pelas diversas interações entre os sistemas e abrange todas as conexões nervosas. O cérebro é dividido por regiões de acordo com suas funções, por exemplo, o córtex motor posterior, parietal e gânglio basal envolvem processos de controle motor (Morris, Summers, Matyas & Iansek, 1994).

O córtex frontal do cérebro também subdivide-se em córtex pré-frontal lateral, córtex cingulado anterior, relacionados principalmente com o desempenho em tarefas cognitivas e córtex pré-frontal ventromedial ou córtex orbitofrontal que envolve, de forma geral, os fenômenos psicofisiológicos para adaptação mental (Capovilla, Assef & Cozza, 2007; Joannette, *et al.*, 2008).

Dentre as inúmeras estruturas que compõe o SNC, o principal foco do presente estudo será, principalmente, sobre o córtex pré frontal e as funções executivas. Isto porque de modo geral, as funções executivas são utilizadas para referir-se a processos cognitivos “superiores” atribuídos ao córtex pré-frontal e frontal (Banhato & Nascimento, 2007; Capovilla, Assef & Cozza, 2007).

As funções executivas (FE) e comportamentais especializadas são possíveis por meio de conexões neurais. No caso do atleta por exemplo, seu rendimento é fruto de processamentos cognitivos como percepção, atenção, memória, tomada de decisão, entre outros que atuam em conjunto com

componentes motores. Ou seja, da combinação de “o que fazer” com o “como fazer”, é a união do gesto técnico com a efetiva tomada de decisão para distinguir qual o melhor momento para a realização do gesto (Matias & Greco, 2010).

As FE são relacionadas aos processos cognitivos que usam e modificam informações por meio de sensores corticais localizados nas regiões posteriores e anteriores do cérebro para modular e produzir o comportamento (Yogev, Hausdorff & Giladi, 2008). Por sua vez, as funções executivas relacionam-se a capacidade de organização, controle inibitório, tomada de decisão, abstração e execução de ações dirigidas a metas, com conseqüente relevância na realização de tarefas diárias e o convívio social adequado (Wager & Smith, 2003; Greene, Braet, Johnson & Belgrove, 2007; Saboya; Franco & Mattos, 2002).

Sob esse entendimento, Chan, Shum, Touloupoulou e Chen (2008) destacam que as funções executivas abrangem uma série de habilidades cognitivas como memória de trabalho, atenção, volição, planejamento, ação intencional e o desempenho efetivo utilizadas para atingir um determinado objetivo. Miyake *et al.* (2000), complementam afirmando que as funções executivas são mecanismos de controle geral.

Manter a atenção é uma função executiva e pode ser avaliada por meio de testes neuropsicológicos, principalmente a atenção seletiva, que é capaz de selecionar, entre estímulos percebidos no ambiente a informação mais relevante, suprimindo ou atenuando os demais (Filgueiras, 2010). A memória de trabalho também é uma função que pode ser avaliada, caracteriza-se por apresentar um sistema neural que admite manter certos estímulos acionados por determinado tempo, enquanto outras operações

cognitivas são processadas em diversas áreas do córtex cerebral (Foza, 2005).

Quando há uma hipoatividade no córtex pré-frontal do atleta, por exemplo, pode sujeitá-lo a uma limitada capacidade de se adaptar a ameaças e de evitar respostas motoras e executivas inapropriadas (Luft, Takase & Darby, 2009). Levando em consideração que a fadiga gera uma queda nos disparos das sinapses do córtex pré-frontal e afeta o desempenho neurofisiológico, Majer et al (2008) analisaram sujeitos diagnosticados com fadiga crônica e verificaram que os relatos dos pacientes indicavam dificuldade de processar o pensamento, além de atenção e memória reduzidas.

O SNC também é responsável pelo controle integrativo do sistema nervoso autônomo (Rosa e Silva, & Silva de Sá, 2006; Hagemann, Waldstein & Thayer, 2003). Um desequilíbrio da ativação do córtex pré frontal, além de afetar as FE, causam alterações no SNA que podem ser analisados por meio do balanço entre o sistema nervoso simpático (SNS) e sistema nervoso parassimpático (SNP) (Teixeira, 2008).

3.4 Sistema Nervoso Autônomo

O sistema nervoso autônomo é responsável pelo controle das funções viscerais do corpo e pela regulação das respostas adaptativas ao ambiente. O coração é o órgão que recebe influências deste sistema para a manutenção da homeostase, com modificações constantes na frequência de seus batimentos. Os nervos cardíacos convergem para a base do coração, ramificam-se e trocam amplas anastomoses, formando um emaranhado de filetes nervosos e gânglios, denominado de plexo cardíaco. Este plexo está situado na cavidade torácica, sendo composto pelos três nervos cervicais do

simpático e dois nervos cardíacos cervicais do vago, torácicos do vago e do simpático. A inervação autônoma do coração é especialmente abundante na região do nódulo sinusal (Machado, 2000).

As estruturas que se relacionam ao funcionamento autônomo são os núcleos do tronco encefálico, do hipotálamo e do prosencéfalo basal, supridos de sinais contínuos de todas as partes do organismo. Envolve os ramos simpático e parassimpático que realizam sinapses entre o neurônio central e o alvo periférico (sinapse ganglionar) (Jacomini & Silva, 2007; Kawaguchi, et al., 2007; Puzanovova, et al., 2009).

Neste sentido, neurofisiologicamente, o coração recebe inervações das divisões simpática e parassimpática do SNA e sua frequência de batimentos resulta de influências reflexas sobre uma ou ambas destas divisões, onde há estimulação de barorreceptores e outros receptores. Dependendo da situação, causam um aumento na atividade simpática e diminuição na atividade parassimpática (Levy, et al., 1998).

Estas modificações ocorrem porque o SNA é responsável por regular os recursos fisiológicos de acordo com as demandas do ambiente (luta/fuga e repouso/digestão). Responder eficientemente em ambiente complexo requer um equilíbrio dinâmico entre os dois ramos do SNA: o sistema nervoso simpático (SNS) e o sistema nervoso parassimpático (SNP) (Thayer & Lane, 2000, 2009). Esse equilíbrio está relacionado à atividade do cérebro.

Assim, esse sistema influencia a regulação constante da frequência cardíaca (FC) e do tônus vascular para manter a homeostase da atividade cardiovascular por meio do controle e da retroalimentação. Auxilia também na manutenção da pressão arterial (PA) média e do volume venoso central dentro de uma faixa relativamente estreita de variações (Zuttin, et al., 2008;

Napadow, et al., 2008). Quando em condições patológicas, a FC busca ajustes rápidos e compensatórios, sendo gerenciada pela ação autonômica sobre o nó sinusal (Zuttin, et al., 2008).

De acordo com a demanda do estímulo, seja de ordem física ou mental, a FC sofre certos ajustes de maneira a elevar ou a diminuir o número de batimentos por minuto de acordo com a intensidade imposta (Wilmore & Costill, 2002). Por isto, muitas pesquisas (Fairclough, Venables, & Tattersall, 2005; Hansen, Johnsen, Sollers, Stenvik, & Thayer, 2004; Hansen, Johnsen, & Thayer, 2003; Hansen, Johnsen, Thornton, Waage, & Thayer, 2007; Luft, Takase, & Darby, 2009) se interessaram em estudar demandas físicas correlacionadas com demandas mentais, nas quais o foco do estudo foi a relação entre desempenho cognitivo e VFC, pois ambos tendem a apresentar modificações na presença de fadiga (Hansen, et al., 2004).

Mudanças na função autonômica estão relacionadas com a SET, que pode ser tanto de caráter simpático, quanto parassimpático, dependendo da predominância do SNA (Hartmann & Mester, 1998). Percebe-se que o SNA é regulador de todas as funções corporais e desempenha papel de regulação dos processos fisiológicos do organismo (Kolb & Whishaw, 2002). E além disto, os dois ramos opostos, simpático e parassimpático, necessitam de uma regulação constante.

A modulação autonômica é afetada pelo estresse das atividades de alta intensidade, devido a diminuição da atividade metabólica do córtex pré-frontal e, conseqüentemente, diminuição da ativação dos neurônios motores, inputs sensoriais, modulação autonômica e queda da variabilidade da frequência cardíaca (Luft, Takase & Darby, 2009).

O trabalho cardíaco pode ser aumentado ou reduzido de acordo com o grau de atividade do SNA. A sinapse ganglionar apresenta como neurotransmissor a acetilcolina, com liberação de noradrenalina (pelo ramo simpático) e acetilcolina (pelo ramo parassimpático). Para a regulação autonômica são envolvidas vias aferentes medulares e vagais, que possibilita o sistema nervoso central (núcleo trato solitário) de receber a informação, sendo modulada pelas fibras eferentes vagais rápidas e eferentes simpáticas lentas - retornando a informação ao coração.

Sugere-se que quanto maior a FC maior ação da via simpática e da menor atividade parassimpática, ou seja, inibição vagal e diminuição da VFC. Ao contrário, quanto menor a FC, maior ativação parassimpática, com redução de ação do ramo simpático e, portanto, predomínio da atividade vagal. Isso simboliza que o normal e esperado é que o coração responda de forma variada aos diferentes estímulos ambientais (Luft, Takase & Darby, 2009; Vanderlei, Silva, Pastre, Azevedo, & Godoy, 2009; Åhs, Sollers, Furmark, Fredrikson, & Thayer, 2009). A Figura 2 ilustra um esquema do SNA e do funcionamento da interação do SNP e SNS.

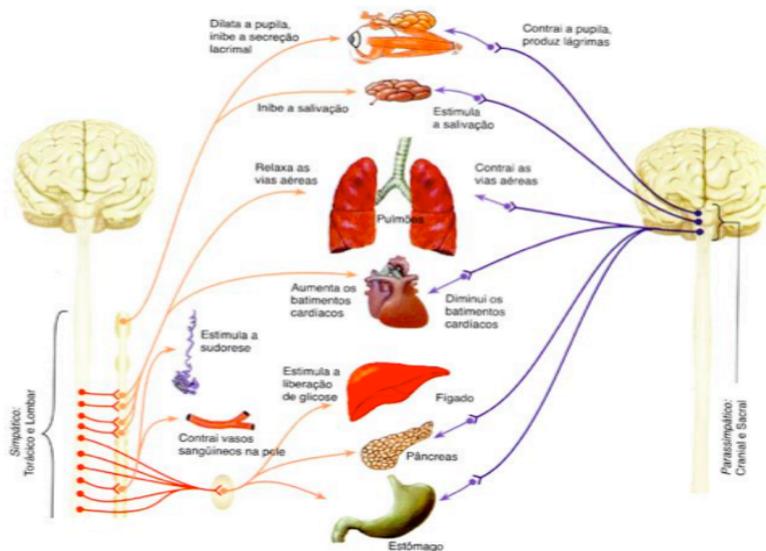


Figura 02 SNA. Interação entre o SNP e SNS. Fonte: Lopez (2010). Pág. 39

Um predomínio da atividade simpática do SNA, provoca no coração um significativo aumento na frequência cardíaca, agindo como um cardioacelerador. Já um predomínio da atividade parassimpática do SNA provoca um efeito oposto no coração, reduzindo a frequência cardíaca, agindo, portanto como um cardioinibidor (Douglas, 2000).

O ramo simpático, juntamente com a medula da adrenal, forma uma unidade funcional, sendo denominado sistema simpatoadrenal, envolvendo características fisiológicas relacionadas ao estresse. O ramo parassimpático é responsável pela modulação destas respostas relacionadas ao estresse, evitando alterações patológicas (Jacomini & Silva, 2007; Kawaguchi, *et al.*, 2007).

Para estudar as correlações entre as regulações do SNA às respostas ambientais por meio da VFC, leva-se em consideração o modelo Neuro Humoral. Na década de 90 intensificaram-se as investigações acerca

do nervo vago (atividade parassimpática) e respostas cardíacas (variabilidade da frequência cardíaca) para análise do funcionamento do SNA e sua relação com o SNC. Neste período Julian Thayer e Friedman formularam o modelo neurovisceral, que envolve a relação entre ativação vago (parassimpática) e regulação do sistema autônomo diante de respostas ambientais, incorporando características como controle inibitório (abrangendo memória de trabalho e atenção) e perseveração, em nível de córtex pré frontal (Friedman & Thayer, 1998; Friedman, 2007).

Sugere-se que a ativação vago se relaciona com respostas cardíacas (com ativação parassimpática) e cognitivas saudáveis (funções executivas preservadas), refletindo no ativo comportamento de autorregulação e adaptação. Em comparação, a diminuição de atividade vago indica vulnerabilidade ao estresse, ansiedade e declínio do funcionamento executivo, com pouca regulação autonômica, diminuição de VFC e negativa adaptabilidade ambiental (Hagemann, Waldstein & Thayer, 2003; Friedman, 2007; Friedman & Thayer, 1998).

O SNA também é utilizado como um indicador para quantificar as cargas de treinamento na busca de evitar a SET. Seiler, Haugen e Kuffel (2007) estudaram a resposta autonômica da recuperação do exercício em atletas treinados e verificaram que o tônus parassimpático tende a responder diferentemente ao tipo de exercício executado: quanto mais intenso o exercício maior o tempo de recuperação do tônus. Os dados obtidos permitem quantificar a recuperação ao estresse de uma sessão de treinamento e, por meio das análises dos dados diagnosticar a falha na recuperação e, conseqüentemente, prevenir a instalação do quadro da SET.

Baumert *et al.* (2006) avaliaram o impacto do aumento da carga de treinamento sobre o sistema cardiovascular em atletas, e foi constatado que

quando o treino físico é intensificado abruptamente, a atividade cardiovascular é alterada com a diminuição da atividade parassimpática e elevação da atividade simpática e esta resposta pode ser monitorada pela VFC basal.

Assim, a atividade simpática atua aumentando a FC apresentando ação lenta, em oposição ao parassimpático. E a medida da VFC avalia de forma não-invasiva a oscilação temporal dos intervalos RR, auxiliando como marcador de excesso de treinamento e atuando como marcador do sistema nervoso simpático através de métodos específicos no domínio do tempo e da frequência (Freitas, Miranda & Filho, 2009). Ou seja, é o SNA modulando o controle cardiovascular dos intervalos de R-R em milissegundos (ms) por meio dos ramos simpático e parassimpático. Estas medidas, portanto, favorecem a possibilidade de observar a adaptação da capacidade fisiológica do sistema cardiovascular, momento a momento, no cotidiano (como em atividades físicas, cognitivas e no sono). Em consequência, pode-se reconhecer, de forma não invasiva, situações que afetam o SNA (Zuttin, et al., 2008; Åhs, et al., 2009).

Como situações estressoras vêm acompanhadas de maior ativação do sistema nervoso simpático, estas medidas auxiliam ainda em situações de competição esportiva, fornecendo dados relacionados à situações estressoras, como nervosismo e ansiedade.

Neste sentido, estresse, variabilidade da frequência cardíaca e características de desempenho cognitivo do indivíduo estão atrelados (Thayer & Lane, 2009; Thayer, et al., 2009), ou seja, sugerem que quanto maior a ativação vagal (parassimpática) melhores serão as respostas cognitivas relacionadas às funções executivas, pois ocorre melhor adaptação do organismo diante estímulos ambientais. Por outro lado, se o

nervo vagal mostra uma disfunção, acentua-se a atividade simpática e diminui a ativação parassimpática, com desregulação autonômica e respostas menos eficazes de tomada de decisão, flexibilidade cognitiva, controle inibitório, memória de trabalho, atenção, planejamento e organização. Este modelo fundamenta os itens seguintes deste referencial teórico, com a discussão da relação: VFC, nervo vagal e córtex pré frontal.

3.5 Variabilidade da Frequência Cardíaca

Quando o impulso no nódulo sinusal inicia a excitação cardíaca, distribui a informação pelos átrios, onde ocorre a despolarização atrial (representada pela onda P). Este impulso é conduzido aos ventrículos por meio do nódulo atrioventricular, distribuído pelas fibras de Purkinje, despolarizando os ventrículos (representada pelas ondas Q, R e S - complexo QRS). A onda T indica a repolarização ventricular e a VFC é obtida pela análise dos intervalos R-R (Vanderlei, et al., 2009; Teixeira, 2008). A Figura 03 ilustra os intervalos das ondas R-R, como pode-se observar a seguir.

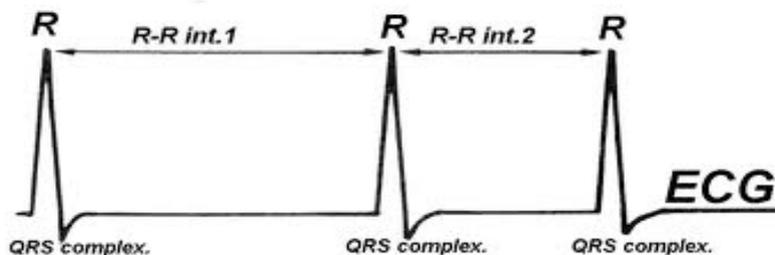


Figura 03 R-R. Oscilação no tempo entre os intervalos R-R (Adaptado de Teixeira, 2008. Pág 24).

A VFC reflete uma contínua oscilação entre os intervalos de R-R. Sua análise é uma técnica simples e não-invasiva, que avalia a modulação

autônômica do coração, por meio das variações instantâneas, batimento a batimento, a partir da amplitude destes intervalos (TASK FORCE, 1996). Quando há grandes oscilações da extensão dos intervalos R-R entre os batimentos, entende-se que existirá maior VFC (Teixeira, 2008). Estas oscilações sofrem alterações que são moduladas pela respiração, estresse físico ou mental ou por distúrbios de saúde (Abad, 2007). Os valores obtidos destes sistemas auxiliam a avaliar as modificações autonômicas durante o treinamento (Mourot et al., 2004). A sua medida, tornou-se um meio de avaliar a resposta do estresse ao exercício ou a influência autonômica em estados mentais e níveis de estresse (Suetake, Morita, Suzuki, Lee & Kobayashi., 2010).

A prática regular do exercício físico, por proporcionar aumento da VFC pode também ser usado para restaurar a atuação parassimpática, evidenciando o valor do exercício. Porém quando estes valores não se estabilizam após a atividade, é sinal de que o atleta deve estar apresentando sinais de fadiga. Estes dados são importantes, pois servirão como referência na hora de elaborar uma planilha de treinamento. Para isto, a análise dos marcadores da VFC serve de auxílio na interpretação dos dados que forem coletados.

Uma diminuição da VFC, por exemplo, está relacionada com baixa recuperação e fadiga, este marcador pode ser utilizado como parâmetro para quantificar o estresse físico e mental gerado pelo exercício, tendo em vista que reflete uma resposta do sistema nervoso autônomo relativo às alterações de cargas, execuções sucessivas e fadiga. (Freitas, Miranda & Filho, 2009). Um estudo de Carvalho (2006), que observou os efeitos da desidratação sobre aspectos psicofisiológicos no futebol, verificou que a VFC é menor no segundo tempo de um jogo de futebol. Martins (2008)

afirma que caem no segundo tempo de futebol o desempenho, capacidade de salto e de *sprint* devido ao aumento da fadiga e outros fatores metabólicos proporcionados pelo exercício. Neste sentido, estas variáveis poderiam estar correlacionadas.

Ao analisar a VFC na identificação do excesso de treinamento, uma pesquisa (Bosquet, Papelier, Leger, & Legros, 2003) comparou a VFC durante o sono de atletas antes

e depois de aumentar o treinamento em 100% por um período de duas semanas. Os atletas também foram reavaliados duas semanas depois, durante o período de recuperação. Os resultados mostraram que a VFC durante o sono não parece ser um marcador válido de excesso de treinamento. O fato de ter sido usada a VFC durante o sono pode ter dificultado a análise da dinâmica desse marcador, pois a análise da VFC em repouso é mais utilizada para diagnosticar doenças cardiovasculares e tônus predominante (simpático ou parassimpático) e não necessariamente a reatividade do SNA.

Com a finalidade de diagnosticar SET, Meeusen, et al., (2008) utilizaram dados de frequência cardíaca, lactato sanguíneo, cortisol e hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) mensurados ao final de cada teste de exercício em atletas que estavam apresentando queda no desempenho. Os resultados mostraram que os atletas com SET apresentaram maiores concentrações de cortisol e ACTH em repouso e menor concentração de lactato sanguíneo máximo após exercício em relação aos atletas com *overreaching*. No entanto, a sensibilidade dessas medidas para detectar SET foi baixa.

A análise da VFC é importante pois tem a capacidade de proporcionar dados quantitativos sobre o funcionamento do sistema

autônomo e estimar o condicionamento físico (Suetake et al., 2010). Além da melhora da performance pode vir a auxiliar na redução da ansiedade pré competitiva, como demonstrou um estudo de caso de Lagos *et al.* (2008) no qual um golfista além de melhorar sua performance, apresentou redução nos sinais de ansiedade pré-competitiva.

A obtenção a longo prazo de dados da VFC, em diferentes situações pode ser uma forma interessante de se obter o perfil do atleta afim de elaborar uma ferramenta de intervenção que atue em fatores emocionais. Thayer, Ahs, Fredrikson, Sollers e Wager (2012) defendem a teoria de que a VFC promove índices de adaptações cerebrais referentes a como o organismo reage diante de um ambiente complexo, mediante regulações comportamentais e periféricas por meio do córtex pré-frontal.

A baixa capacidade do atleta em se adaptar corretamente à demanda cognitiva pode ser monitorada por meio da VFC. Por exemplo, na tarefa cognitiva a VFC deveria indicar aumento da modulação do SNP, entretanto, quando há uma grande queda na ativação do parassimpático, o atleta pode estar entrando em estado de overtraining, quando sua recuperação é mais lenta, e o mesmo está mais propenso à lesões.

O uso da VFC como marcador de avaliações cognitivas tem sido estudado por pesquisadores como Zanstra, Schellekens, Schaap e Kooistra (2006) que analisaram a VFC durante uma tarefa cognitiva computadorizada (Efeito Stroop) para avaliar o efeito Stroop de trabalhadores com suspeita de fadiga mental. Foi verificado que houve um aumento da frequência cárdica e diminuição da VFC na medida que a dificuldade do teste aumentava. O grupo controle apresentou melhor desempenho na avaliação cognitiva e maior VFC em comparação com o grupo que apresentava sintomas de fadiga, indicando que em indivíduos

fatigados há menor resposta do sistema vagal em responder às demandas executivas.

Para investigar as alterações na VFC e no desempenho cognitivo, Teixeira (2008) buscou correlacionar a VFC durante as tomadas de decisão em uma partida de xadrez. No estudo houve correlação entre alta VFC e boas jogadas e alta frequência cardíaca com jogadas ruins.

Para verificar os efeitos do esforço físico sobre a VFC e o desempenho cognitivo, Luft, Takase e Darby (2009) recrutaram 30 atletas e mediram os intervalos entre as batidas do coração durante cada tarefa de uma bateria cognitiva o Cogstate antes e depois de um teste de esteira incremental. Os estudos demonstraram que houve maior incremento do sistema simpático durante as tarefas, e foram encontradas correlações entre VFC e performance cognitiva principalmente depois do exercício. Indicando que pode haver uma correlação entre desempenho cognitivo, VFC e fadiga, ou seja, na detecção da fadiga por meio destas ferramentas. Os resultados indicaram que nas tarefas cognitivas executivas os atletas apresentavam aumento na modulação SNP, evidenciado por reduções na razão LF/HF.

Observou-se que após o esforço máximo, essa redução continuou ocorrendo, mesmo estando a VFC modificada em decorrência da fadiga aguda, sendo que quanto mais os atletas conseguiam reduzir LF/HF nas tarefas executivas, melhor era o seu desempenho (Luft Takase & Darby). O estudo levantou a hipótese de que atletas que tem má recuperação ou estão fatigados não conseguem realizar essa mudança na VFC de acordo com as demandas cognitivas, principalmente após esforço físico intenso.

A investigação da capacidade cognitiva junto com a VFC em jogadores é importante por ser um elemento de base para o

desenvolvimento do comportamento tático e do acompanhamento de sua capacidade de adaptação (Filgueiras & Greco, 2008). O jogo de tênis, por exemplo envolve imprevisibilidade e aleatoriedade, estes são aspectos que requerem constante atitude estratégico-tática, neste sentido para melhor desempenho do atleta na partida, são necessárias tomadas rápidas e precisas de decisão (Caldeira, 2008).

A mensuração deste sistema sobre o coração pode ser realizada de diferentes formas, como no domínio do tempo ou da frequência. A VFC apresenta alguns marcadores para melhor interpretação dos dados coletados. Dentre as técnicas utilizadas para sua avaliação tem-se utilizado a medida das oscilações dos intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos (ondas R – intervalo R-R). Para análise da VFC os índices são obtidos por métodos lineares, no domínio do tempo e da frequência, e métodos não lineares (Teixeira, 2008)

Os métodos não lineares são os que predominam nos sistemas humanos, em razão da sua natureza complexa e dinâmica, que não podem ser descritas por métodos lineares (Vanderlei, et al., 2009; Roque, 2009). É um valor que pode identificar certos comportamentos de sistemas de ocorrem no corpo humano, tanto na saúde como na doença (Godoy, Takanura & Correa, 2006).

A medida mais utilizada neste sistema é o D2, também chamado de *correlation dimension* que indica adaptação do organismo ao ambiente (Vanderlei, et al., 2009; Roque, 2009). A análise destes dados leva em consideração ao teoria do Caos, na qual interpretação, compreensão e previsão do comportamento dos fenômenos biológicos, com análise de flutuações depuradas de tendências, função de correlação, expoente de

Hurst, dimensão fractal e o expoente de Lyapunov. Estas correlações são analisadas por meio de Poincaré.

Os métodos lineares são divididos em dois tipos: análise no domínio do tempo e análise no domínio da frequência (Vanderlei, *et al.*, 2009). Onde os índices no domínio do tempo são mais simples de calcular, o domínio da frequência é realizado através de análise espectral e ambos podem ser utilizado para treinamento de exercício físico (Brunetto *et al.*, 2005).

3.7 Habilidades Cognitivas

A investigação da capacidade cognitiva junto com a VFC em atletas é importante, principalmente, por ser um elemento de base para o acompanhamento de sua capacidade de adaptação. O jogo de tênis, por exemplo, envolve imprevisibilidade e aleatoriedade, estes são aspectos que requerem constante atitude estratégico tática (Filgueiras & Greco 2008).

A compreensão dos processo cognitivos utilizados por desportistas em competição ainda é limitada (Martins, 2008). No entanto, sabe-se que os aspectos cognitivos no tênis envolvem processos de atenção concentrada, discriminação, identificação de estímulos visuais, memória de trabalho e tomada de decisão (Matias & Greco; Caldeira, 2009; McCabe, Roediger, McDaniel, Balota & Hambrick, 2010 e Sanfey, 2007)

A atenção concentrada é a capacidade de focar a atenção em um único estímulo, retirando todos os outros de foco. Matias e Greco (2010) explicam que ela compreende a focalização da atenção em um determinado objeto ou em uma ação. Ou seja, é a capacidade de dirigir conscientemente a atenção a um local específico no campo da percepção. Esta habilidade, conhecida também por concentração, permite que o atleta se desligue dos

fatores externos como torcida, adversário e o próprio placar e concentre a atenção no que é mais importante como a bola, um movimento específico ou mesmo a respiração dependendo do contexto.

A discriminação e identificação de estímulos visuais é a capacidade de, num ambiente poluído visualmente, discriminar um estímulo específico e identificá-lo de acordo com determinados critérios. Numa partida de tênis a velocidade com que se discrimina o movimento do adversário e a direção da bola é fundamental para que o atleta assuma uma boa posição e tome a melhor decisão do golpe que irá executar (Caldeira, 2009).

Por fim, a memória de trabalho é a capacidade de reter informações na memória para a utilização posterior em uma tarefa num curto espaço de tempo. Está fortemente relacionada ao constructo das funções executivas e a atividade no córtex pré-frontal do cérebro (McCabe, Roediger, McDaniel, Balota & Hambrick, 2010). Um atleta com uma boa habilidade de memória de trabalho pode, por exemplo, em jogo, reter na memória de trabalho a sequência de jogadas do adversário, identificar um padrão e tomar a melhor estratégia contra o adversário. A capacidade de reter diversas informações novas na memória de trabalho está na base das tomadas de decisão.

A tomada de decisão supõe o processo de selecionar uma resposta em um ambiente de múltiplas respostas possíveis (Sanfey, 2007) e consiste em determinar as possibilidades de sucesso ao se analisar certos resultados entre diferentes possibilidades. Quando se decide perceber ou não um sinal, através dos processos cognitivos, já se realiza uma tomada de decisão (Matias & Greco, 2010).

4. MÉTODO

4.1 Caracterização da Pesquisa

Ao levar em consideração o princípio da individualidade do treinamento (Bompa, 2002), o delineamento da pesquisa seguiu o estudo de caso, pois investigou profunda e exaustivamente poucos sujeitos para fins de amplitude de conhecimento sobre o tema escolhido para o estudo (Gil, 1991).

No caso do presente estudo, o foco levando em consideração para o estudo de caso foi múltiplo, pois possui mais de um indivíduo que foram investigados simultaneamente. Já em relação aos objetivos, foi classificado como instrumental, pois foi examinado um caso (VFC) para se compreender outra questão (fadiga) com fins de obtenção de instrumentos que possibilitem pesquisas posteriores (Ventura, 2007).

Esta pesquisa foi de natureza correlacional, pois buscará determinar como duas variáveis se relacionam entre si: a variabilidade da frequência cardíaca e o desempenho cognitivo em duas situações, uma antes da intervenção do esforço físico e uma depois do esforço físico.

O presente estudo, em relação aos seus objetivos tem natureza exploratória e descritiva. Gil (1991) explica que uma pesquisa descritiva aborda questões de características de um determinado fenômeno e como ocorre a relação entre as variáveis. O tipo correlacional de pesquisa em Psicologia proporciona informações importantes diante da relação entre variáveis e permitindo inferir fenômenos psicológicos (Gazzaniga & Heatherton, 2005).

As variáveis estudadas foram a variabilidade da frequência cardíaca e o desempenho cognitivo, onde a VI foi o esforço físico e a VD foi

a VFC e o desempenho cognitivo depois do esforço físico. É o esforço físico que influencia a VFC e o desempenho cognitivo, ou seja, uma influência a outra variável, devido à manipulação do investigador (Lakatos & Marconi, 1991).

4.2 Participantes

Participaram do estudo oito atletas profissionais de Tênis do sexo masculino, com idade entre 15 e 16, vinculados à Confederação Brasileira de Tênis (CBT). O participantes foram selecionados de forma não probabilística e intencional, por conveniência, de acordo com os critérios estabelecidos pelo pesquisador e da disponibilidade dos atletas em participar da pesquisa.

A disponibilidade de seu por meio da CBT, que encaminhou os atletas para uma bateria de testes à Universidade Federal de Santa Catarina, a qual firmou uma parceria para que os resultados fossem entregues ao seu preparador físico e o mesmo pudesse elaborar uma intervenção de treinamento. Neste caso, o resultado foi analisado individualmente, para que a intervenção seja aplicada de forma específica e individual.

Salienta-se que o número de atletas disponibilizados pela Confederação foi de 8 pessoas. Os mesmos estavam fazendo parte do projeto e foram escolhidos de forma intencional pelo preparador físico. Neste sentido, o resultado obtido não teve como objetivo a generalidade dos resultados (Barbeta 2006). Coolican (2004) sugere que o fato de que o processo de seleção dos participantes se deu de forma não aleatória, usualmente há a dispensa do cálculo de n amostral.

4.3 Instrumentos

1) Grade de números (GN).

A grade de números é um jogo cognitivo, desenvolvido no Laboratório de Educação Cerebral da Universidade Federal de Santa Catarina, que envolve habilidades básicas como atenção concentrada, discriminação e identificação de estímulos visuais e memória de trabalho. Estas habilidades são exigidas em muitos momentos de uma partida de tênis.

O jogo é composto por uma grade de números distribuídos de forma aleatória onde o sujeito deve clicar nos número seguindo uma sequência lógica (números em ordem crescente) no menor tempo possível. É um jogo que estimula concentração e trabalha atenção seletiva e memória de trabalho, o bom desempenho na grade de números depende de uma boa habilidade nestes três elementos básicos.

A figura 04 ilustra como foi disponibilizada aos atletas a grade de números.

14	15	13	11	8	31	17
45	16	2	42	23	5	34
36	43	40	33	39	3	26
24	29	10	6	4	41	12
35	9	46	30	38	47	27
44	19	1	32	18	20	7
25	28	37	21	22	49	48

Figura 04. Grade de números. Como foi apresentada a grade de números aos atletas.

Os dados de desempenho na grade de números são calculados baseados em 3 parâmetros:

Acurácia: diz respeito a quão preciso foi o atleta durante a tarefa, se cometeu erros ou se acertou todas as vezes. Os fatores que contribuem para a diminuição da acurácia envolvem destreza psicomotora, desatenção e fadiga.

Estabilidade: é uma medida de quão constante é o atleta durante a realização da tarefa. Atletas com alta estabilidade variam menos durante a tarefa, tendendo a levar o mesmo tempo para achar cada um dos números. Fatores como ansiedade e fadiga influenciam diretamente a estabilidade.

Tempo: Refere-se ao tempo levado para a conclusão da tarefa como um todo. É um indicador de desempenho geral da tarefa, o que motiva o usuário a completar o desafio. Esse indicador é influenciado por todas as habilidades cognitivas básicas previamente citadas, e busca-se

atingir alta velocidade acompanhada de bons índices de estabilidade e acurácia.

2) Freqüencímetro Polar® RS800 (figura 05) para registro de indicadores da variabilidade da freqüência cardíaca. É um monitor da freqüência cardíaca sensível a atividade elétrica do coração. Registra, de forma geral, o sinal de maior amplitude o pico R, para obtenção de dados paramétricos como a FC e VFC. Fornece dados que podem ser analisados de forma linear (domínio do tempo, domínio da freqüência) não linear (princípio do caos) (Vanderlei, *et al*, 2008).

O equipamento compõe-se de uma cinta torácica elástica, que funciona como unidade transmissora dos sinais emitidos pela FC e o monitor de pulso similar a um relógio, que recebe e armazena os sinais enviados pela cinta.

Alguns autores como Vanderlei *et al.* (2008), Kingsley, Lewis e Marson (2005) e Gamelin *et al.* (2006) validaram a utilização do monitor de freqüência cardíaca da marca Polar mostrando compatibilidade entre este instrumento com o eletrocardiograma (ECG) (Physiotrace, Estaris, Lille, France). Aguiar, Moiteiro, Correia, e Pimentel (2005) também utilizaram freqüencímetro Polar para o registro dos intervalos R-R de seus participantes. Os registros foram acessados por meio do *software Polar Precision Performance*. A figura 5 representa o polar, a cinta e o *flash drive* para a transferências dos dados.



Figura 05. Polar® RS800 Representação do Polar e seus acessórios (Teixeira, 2008).

Após a coleta, os dados foram exportados individualmente em formato txt. para o *Kubios HRV Analysis Software* que realiza a análise dos indicadores da VFC pelo domínio do tempo, domínio da frequência e por dados não lineares (Niskanen, Tarvainen, Ranta-Aho, & Karkajalainen, 2002).

Em relação ao domínio do tempo, por meio do *Kubios*, tem-se as seguintes variáveis:

Mean RR - A sigla RR se refere ao intervalo de tempo em milissegundos entre os dois picos R do batimento cardíaco. Durante uma coleta vários intervalos RR são adquiridos, variando em geral entre 500 e 1000 milissegundos. O indicador "Mean RR" se refere a média (mean em inglês) estatística destes intervalos.

SDNN - Enquanto o "Mean RR" se refere a média da amostra coletada, o "STD RR" se refere ao desvio padrão (standard deviation em inglês) da amostra de RR feita na coleta.

Mean HR - Este indicador se refere a média da frequência cardíaca (Heart Rate) na amostra coletada.

RMSSD - Este indicador se refere a variância entre intervalos consecutivos na amostra. Esta medida estatística é a mais utilizada nas pesquisas sobre variabilidade cardíaca e desempenho cognitivo. Quanto maior o valor em RMSSD maior a variabilidade cardíaca durante

determinada tarefa. As pesquisas sugerem que uma maior variabilidade cardíaca resulta num melhor desempenho cognitivo.

Domínio da Frequência

LF - Ou "low frequency", está relacionado ao nível de ativação simpática. Quanto maior o valor em LF maior a ativação simpática durante a atividade analisada. Quando adquirir este valor no software Kubios, usar o valor Power n.u (unidades normalizadas), a soma do LF e do HF em power n.u sempre somam 100.

HF - Ou "high frequency", está relacionado ao nível de ativação parassimpática. Quanto maior o valor em HF maior a ativação parassimpática durante a atividade analisada. Quando adquirir este valor no software Kubios, usar o valor Power n.u (unidades normalizadas), a soma do LF e do HF em power n.u sempre somam 100.

LF/HF - É a razão (divisão), das duas medidas acima. Obviamente se for maior que 1, o valor de LF é maior que o valor HF, o que sugere uma predominância simpática na atividade analisada. Se o valor for menor que 1, o valor de HF é maior que o LF, sugerindo uma predominância parassimpática na atividade realizada.

Não Linear

SD1 - A medida não linear é uma outra transformação estatística dos dados dos intervalos RR, esse gráfico indica o grau de dispersão destes valores. Quanto maior o valor em SD1 maior a dispersão e maior a variabilidade. SD1 é o Parassimpático.

SD2 - Quanto maior o valor em SD2 maior a dispersão e maior a variabilidade. É simpático e parassimpático.

D2 - O D2 indica o grau de resiliência do indivíduo durante a execução de uma tarefa. Pode-se entender resiliência de uma forma

simplificada como a capacidade de se adaptar a uma nova situação. Quanto maior este valor maior a resiliência.

A figura 6 é uma representação gráfica das análises matemáticas proporcionadas pelo *software*.

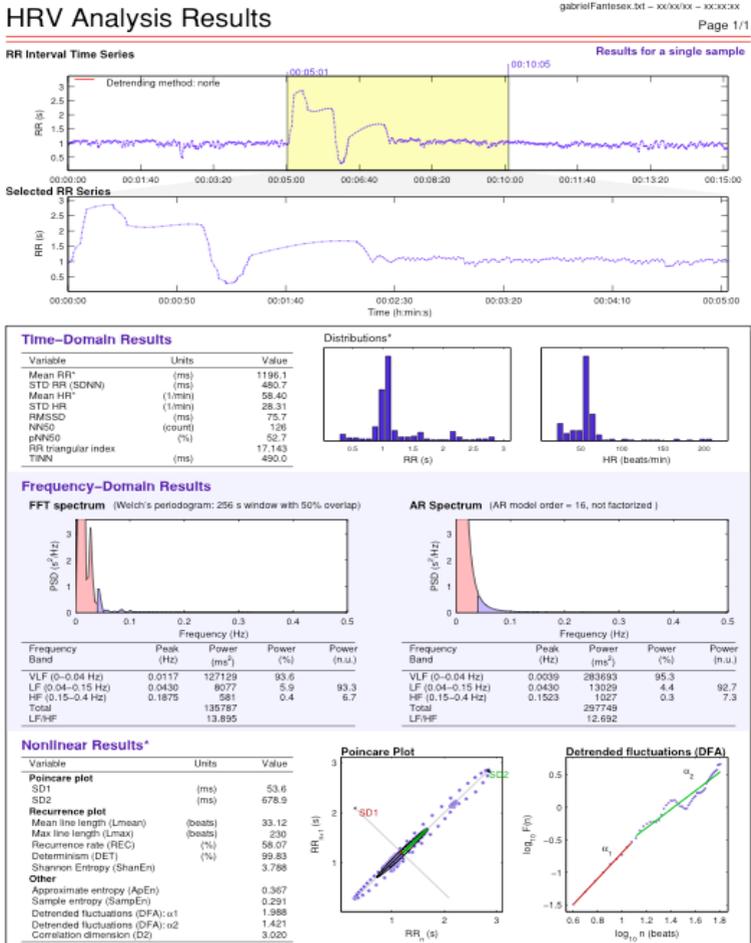


Figura 6 Representação Gráfica das análises do *Kubios*

4.4 Coleta

Os atletas, que eram vinculados à Federação Brasileira de Tênis (CBT), foram encaminhados para a coleta de acordo com a disponibilidade da CBT, ou seja a coleta foi realizada em dois dias, por dois períodos. No primeiro dia, foram coletados dados de três atletas, em dois períodos distintos do dia. Tendo em vista que os mesmos passariam por uma sessão de avaliações, a primeira sessão foi a realizada no LEC. Os mesmos preencheram o termo de consentimento livre e esclarecido, um inventário para avaliação de perfil de humor e iniciou-se a coleta.

Na segunda parte do dia, os atletas foram encaminhados para realização de um teste de esforço máximo, o T-car, que tem um protocolo validado e desenvolvido pelo Laboratório de Esforço Físico (LAEF) da UFSC Logo após o teste, os atletas se encaminharam para a segunda parte da coleta. O mesmo procedimento ocorreu no segundo dia, porém foram avaliados 5 atletas.

O Procedimento se deu da seguinte maneira: os atletas foram encaminhados para uma mesa onde havia disposto um computador com o jogo da grade de números instalado. Simultaneamente, foi medido 5 minutos de linha de base, 5 minutos de jogo cognitivo e 5 minutos para verificação de recuperação pós jogo. A participação de cada atleta esteve condicionada à assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. Os procedimentos são melhor detalhados no roteiro (figura 07) a seguir.

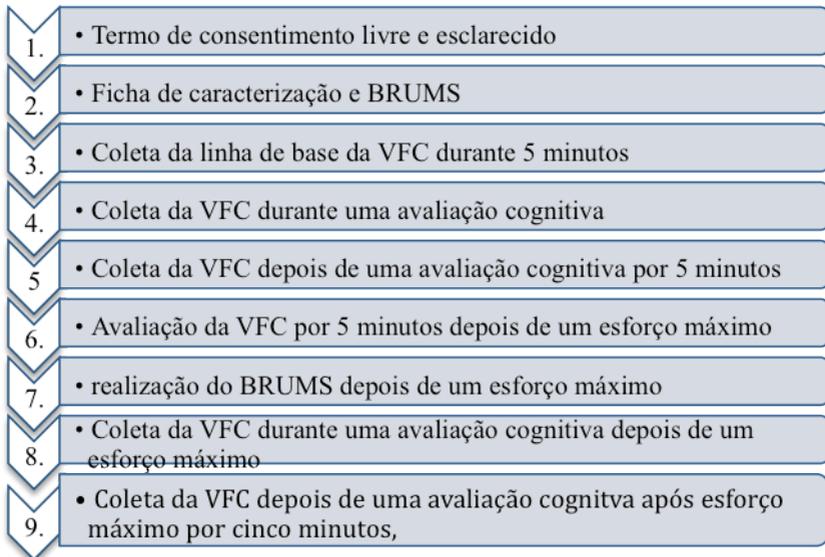


Figura 07. Roteiro do procedimento da coleta

Os atletas foram contatados por meio da CBT e seu preparador físico. Os mesmos foram encaminhados para uma sessão de testes físicos e psicológicos na Universidade Federal de Santa Catarina, com objetivo de obtenção de dados que auxiliem no treinamento dos mesmos com fins de melhora de rendimento e desempenho em competições.

4.5 Análise dos Dados

O tratamento dos dados foi realizado por meio de estatística descritiva, inferência e correlação. Onde, os dados coletados foram tabulados em uma planilha do Excel, para que fossem aplicadas as fórmulas estatísticas específicas para verificar média, desvio padrão, teste *t*, e correlação de *Spearman*. Os dados obtidos pelo Polar foram transferidos para o *software Kubios HRV Analysis*. Este, foi desenvolvido por meio do MATLAB e se utiliza de fórmulas matemáticas, o *Kubios HRV Analysis* foi

especialmente desenvolvido para analisar as variáveis da VFC (Tarvainen, Niskanen, Lipponen, Ranta-aho, & Karjalainen, 2013).

As análises foram separadas durante a tarefa cognitiva, antes e depois do esforço máximo. Em seguida, foram pareadas entre si para ver se houve diferença significativa entre as médias das mesmas por meio do teste *t*. Também foi analisada, por meio de análise estatística inferencial, a variabilidade da frequência cardíaca e sua correlação, por meio de *Spearman*, com o desempenho cognitivo antes e após o teste de esforço progressivo.

No desempenho cognitivo foi analisado três variáveis: a acurácia, que na grade de números é calculada a partir do número de cliques em números errados que o atleta apresenta; o tempo, que significa o tempo em que o atleta leva para a realização da tarefa, que é medido em milissegundos e o desvio padrão do tempo entre os cliques, que é medido em milissegundos.

5. RESULTADOS

5.1 Caracterização da Amostra

Os participantes do estudo foram atletas profissionais de tênis, sendo seis adolescentes que apresentaram uma média de faixa etária de 16,7 anos ($dp \pm 1,19$). Em relação ao tempo em que treinam, foi apresentada uma média de 10,1 anos ($dp \pm 2,6$), entre os quais treinam aproximadamente 5,4 dias na semana ($dp \pm 0,5$). Os atletas relataram estar em ótimas condições de saúde e ter dormindo bem nas últimas 24h.

A tabela abaixo descreve os valores referentes à caracterização da amostra em resposta à um questionário aplicado aos atletas, que envolveram questões relacionadas a idade, anos de prática do esporte, vezes na semana que treina, qualidade do sono, da alimentação, cansaço e qualidade do sono.

Tabela – 01

Caracterização da Amostra

Tenista	ID	AT	VS	S	A	C	D
1	17	9	6	0	0	2	1
2	17	12	5	0	0	1	0
3	17	11	5	2	0	1	0
4	19	14	5	2	2	0	3
5	15	10	6	0	0	1	0
6	16	5	6	0	0	2	3
7	16	10	5	2	0	2	0
8	16	10	5	*	*	*	*
Media	16,625	10,125	5,375	0,428	0,142	1,285	1
DP	1,187	2,587	0,517	0,534	0,377	0,755	1,414

Legenda: ID = idade atual; AT = anos de treinamento; VS = vezes na semana que treina; S= sono, A =alimentação normal; C = cansaço; D= dor; Onde 0 = sim; 1 = mais ou menos; 2 = não.

5.2 Avaliação Individual dos Atletas

Os atletas foram avaliados, a princípio, individualmente. Foram verificados o desempenho cognitivo e algumas variáveis da VFC.

5.2.1. Atleta 1

Desempenho Cognitivo

O atleta apresentou queda na porcentagem de acertos na situação depois do esforço. Ao se observar a figura 08 verifica-se que a acurácia do atleta foi menor na segunda situação.

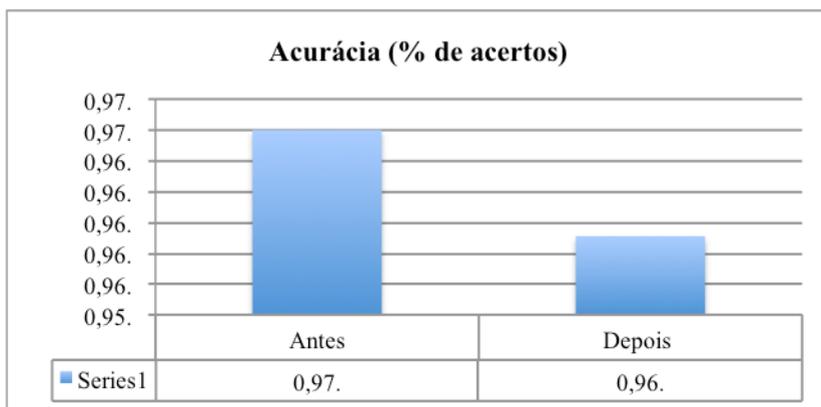


Figura 08 Comparação da porcentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 1

O tempo do desempenho levado para a realização das tarefas foi maior no pós esforço físico, como se pode visualizar na figura 09 a seguir.

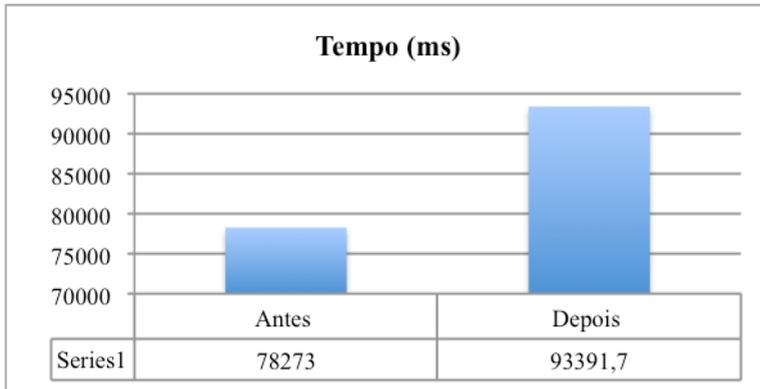


Figura 09 Comparação entre o tempo para a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico do atleta 1

Já em relação à estabilidade, verifica-se que o desvio padrão do tempo entre os cliques foi maior na situação do pós esforço, o que indica maior estabilidade na primeira situação. A figura 10 abaixo refere-se ao desvio padrão do tempo entre os cliques durante a realização da grade de números.

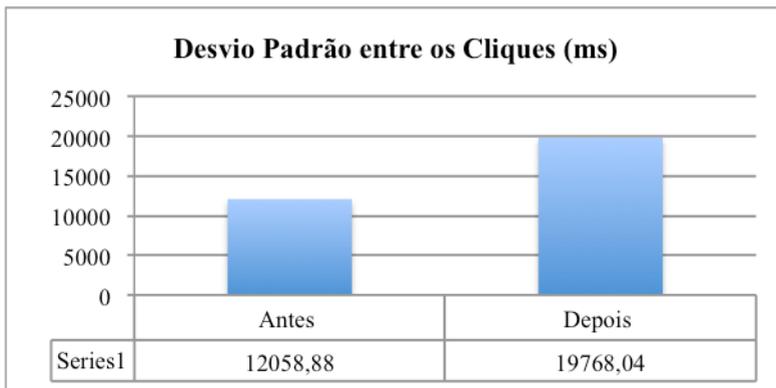


Figura 10 Comparação entre o desvio padrão entre os cliques durante a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico do atleta 1

Indicadores Psicofisiológicos

O atleta apresentou queda nos valores de RR na situação da grade de números antes do esforço, em comparação com a linha de base e a recuperação. No pós esforço, houve aumento gradativo deste índice, como pode se observar na tabela 02 a seguir.

Tabela – 02

Indicadores Psicofisiológicos atleta 1

Indicadores	LB	GN	REC	LB pós esforço	GN pós esforço	REC pós esforço
Média RR (ms)	795,1	773,9	776	618,8	644,9	665,6
SDNN (ms)	63,2	67,1	61	21,3	32,2	29,8
RMSSD (ms)	41,7	39,8	40,6	7,4	38,8	9,4
LF (Hz)	2216	951	1349	153	168	207
HF (Hz)	875	165	423	5	10	16
LF/HF	2,532	5,757	3,292	30,845	16,592	12,839
SD1 (ms)	29,5	28,1	28,7	5,2	27,5	6,6
SD2 (ms)	84,3	90,7	81,4	29,6	36,2	41,4
D2	3,911	30,065	3,142	0,249	0,176	0,472

Legenda: LB = Linha de Base; GN = Grade de números; REC = recuperação.

Tanto antes quanto depois do esforço, o atleta apresentou um aumento da VFC na execução da tarefa cognitiva, conforme observa-se pela variável SDNN em relação a linha de base antes e após o esforço físico, como pode-se observar na figura 11 abaixo.

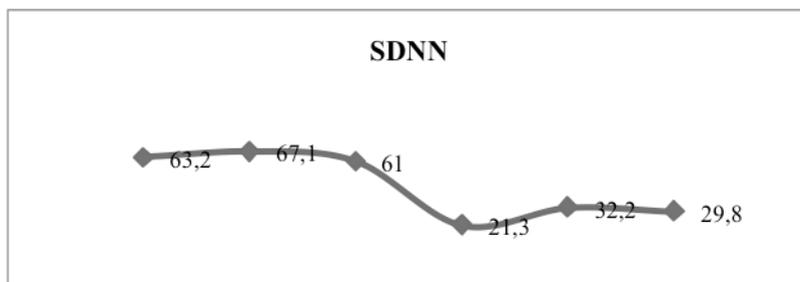


Figura 11 Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 1

Em contrapartida, o RMSSD foi menor na GN antes do esforço e depois do esforço esta variável aumentou durante a GN em relação à linha de base, o que indica maior ativação cognitiva para a realização do trabalho na segunda situação, conforme pode-se observar na figura 12 a seguir.

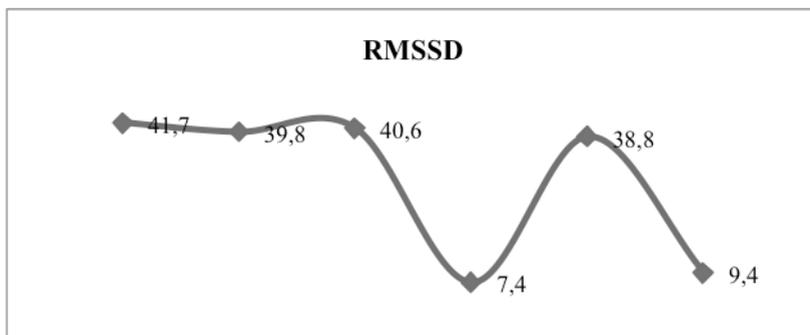


Figura 12 Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 1

Tanto antes quanto depois do esforço físico, houve predomínio do ramo simpático do sistema nervoso autônomo, como pode-se observar na relação entre os indicadores LF/HF na figura 13.

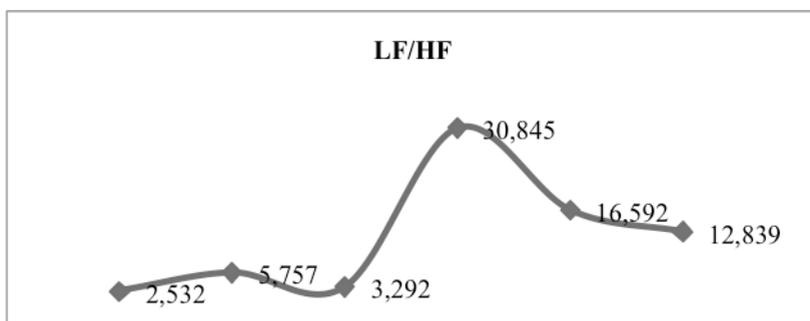


Figura 13 Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 1

Em relação ao índice D2, como pode-se visualizar na figura 14 a seguir, verifica-se que o mesmo diminuiu durante as tarefas, tanto antes

como depois do esforço, indicando uma queda na resiliência nos momentos em que o atleta é exigido cognitivamente.

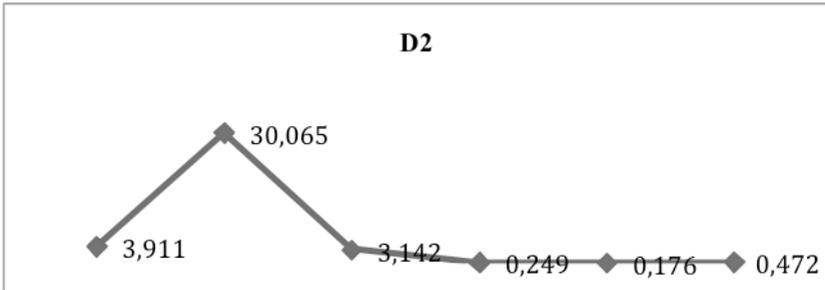


Figura 14 Gráfico de linha do comportamento da variável D2 durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 1

5.2.2 Atleta 2

O atleta apresentou melhor desempenho na segunda situação, seus acertos foram maiores no pós esforço conforme pode-se visualizar na figura 15 abaixo.

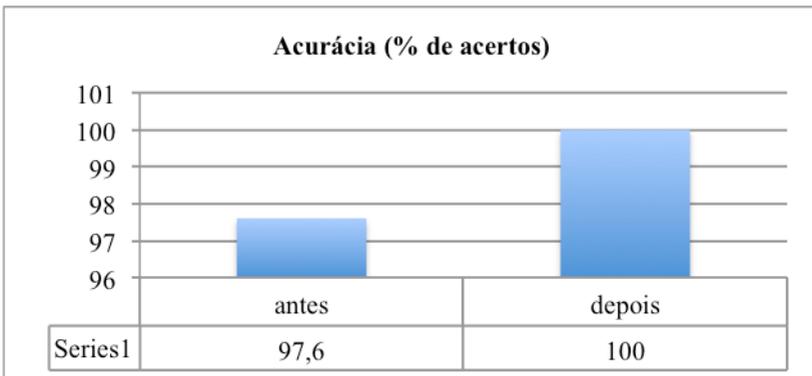


Figura 15 Comparação da porcentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 2

Ao se observar o tempo gasto para a realização da tarefa, nota-se que este foi menor na situação do pós esforço, como ilustra a figura 16 a seguir.

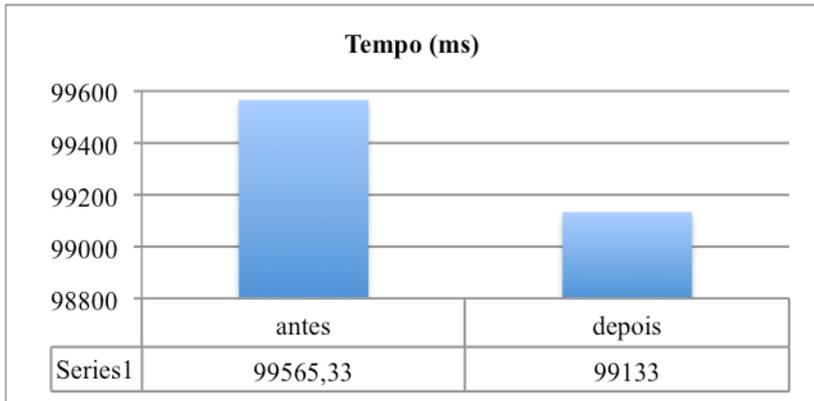


Figura 16 Comparação entre o tempo para a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico do atleta 2

Em relação ao desvio padrão entre os cliques, observa-se na figura 17 que na situação do pós esforço, este foi maior, indicando maior estabilidade na situação da realização da grade de números antes do esforço.

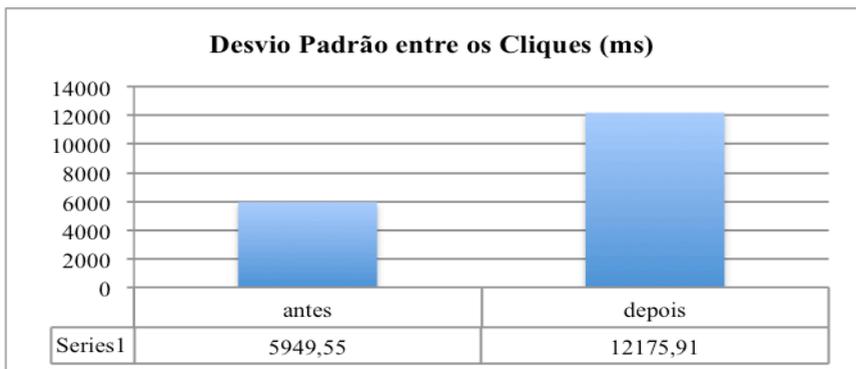


Figura 17 Comparação entre o desvio padrão entre os cliques durante a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico do atleta 2

Indicadores Psicofisiológicos

Ao observar a tabela 3, verifica-se que houve aumento do RR durante a realização da tarefa na situação antes do esforço, em comparação com a linha de base e recuperação. Enquanto isto, no pós esforço, verifica-se nesta variável uma queda para a realização da tarefa.

Tabela – 3
Indicadores Psicofisiológicos atleta 2

Indicadores LB	GN	REC	LB pós esforço	GN pós esforço	REC pós esforço	
Média RR (ms)	782,9	838,2	779,8	602	525	548
SDNN (ms)	180,9	292,5	99	165,7	9,2	28,5
RMSSD (ms)	62,7	27	36,5	41,2	3	3,6
LF (Hz)	7956	453	2216	8885	21	50
HF (Hz)	560	147	735	1434	1	14
LF/HF	14,211	3,076	3,013	6,198	23,238	12,672
SD1 (ms)	44,4	19,1	25,8	29,1	2,1	2,5
SD2 (ms)	411,7	80,7	137,5	232,7	12,8	40,7
D2	3,242	3,065	0	0,341	0	0,89

Legenda: LB = Linha de Base; GN = Grade de números; REC = recuperação.

Este atleta apresentou maior VFC durante a realização da GN pré esforço físico, sendo que após o exercício, durante a execução da GN, sua VFC diminuiu em comparação a linha de base, o que pode indicar que a segunda atividade tenha sido mais estressante. A figura 18 demonstra o comportamento da linha da variável SDNN durante a realização da tarefa antes e depois do esforço físico.

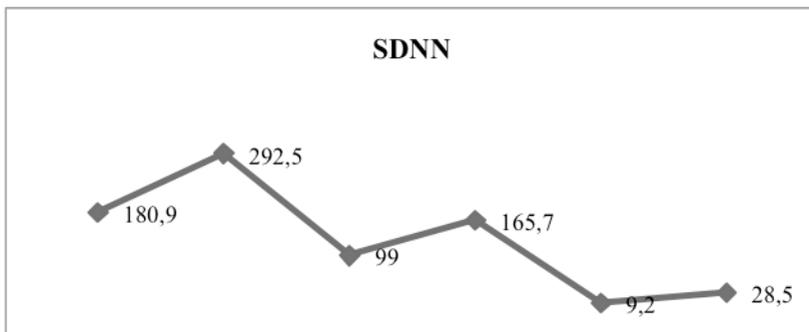


Figura 18 Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 2

Tanto antes, como depois do esforço, o atleta apresentou menor RMSSD durante a realização da atividade cognitiva, como pode-se observar na figura 19. O que indica baixa ativação cognitiva para realização da tarefa.

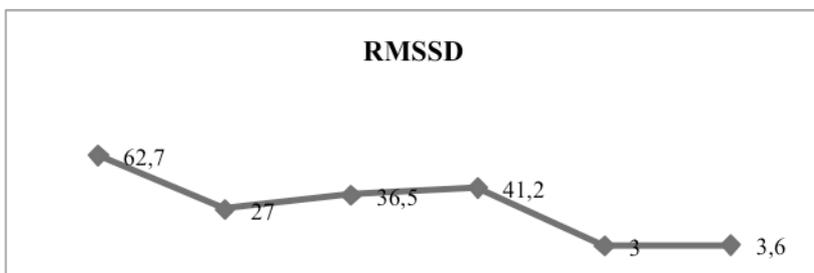


Figura 19 Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 2

Em todos os momentos, como pode-se visualizar na figura 20, houve a predominância do sistema nervoso simpático, sendo que na segunda tarefa cognitiva, seu domínio foi maior. O que sugere que esta atividade tenha sido mais estressante para o sujeito.

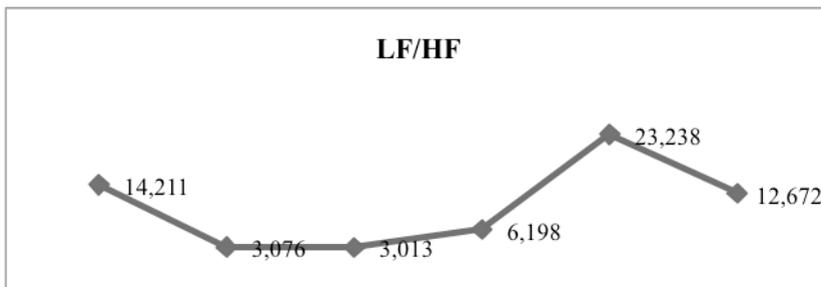


Figura 20 Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 2

Em relação ao D2, como observa-se a figura 21, houve uma queda em seus valores durante a realização da tarefa cognitiva, indicando menor resiliência para a execução das tarefas.

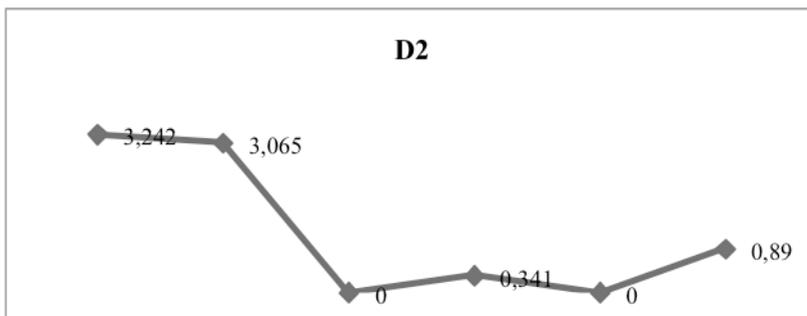


Figura 21 Gráfico de linha do comportamento da variável D2 durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 2

5.2.3 Atleta 03

Ao se observar a figura 22 abaixo, nota-se que não houve diferença entre o pré e o pós atividade física em se tratando da acurácia.

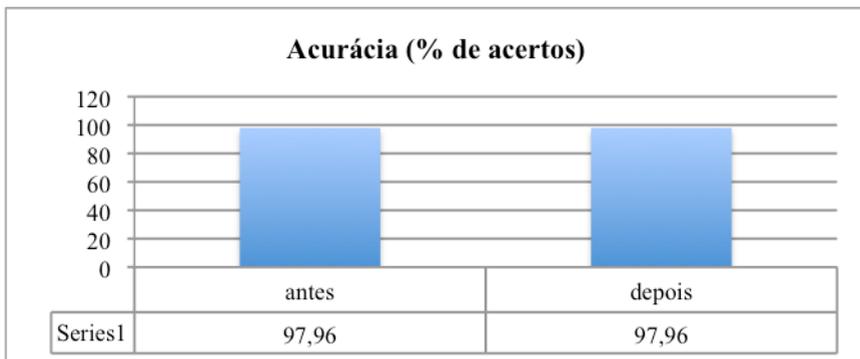


Figura 22 Comparação da percentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 3

Porém, o tempo para a realização da segunda atividade foi menor do que comparado à primeira, como pode-se verificar na figura 23.

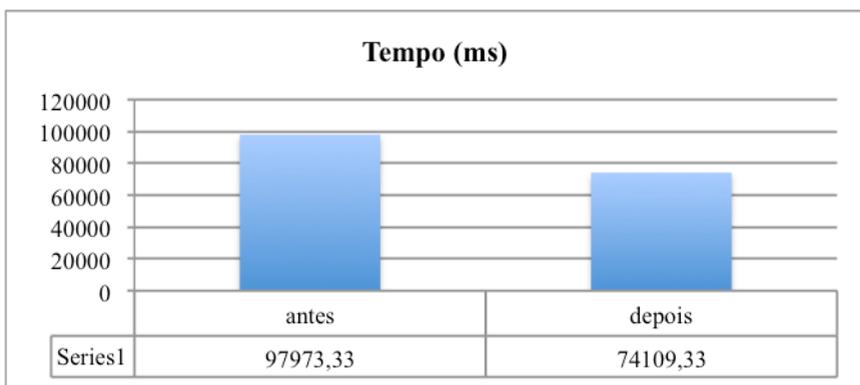


Figura 23 Comparação entre o tempo para a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico do atleta 3

Como visualiza-se na figura 24 a seguir, verifica-se um aumento na variação do tempo em realizar a grade de números na segunda situação. Ou seja, o atleta esteve mais estável na realização da primeira tarefa.

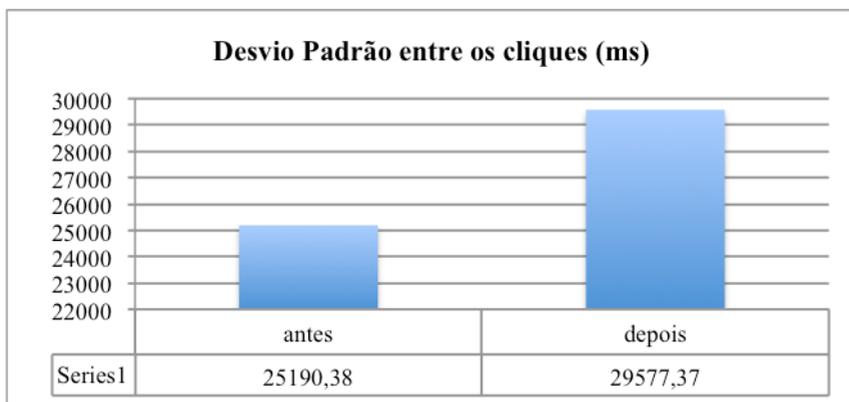


Figura 24 Comparação entre o desvio padrão entre os cliques durante a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico do atleta 3

Indicadores Psicofisiológicos

O atleta 3 apresentou aumento gradual do RR na situação do pré esforço, enquanto na segunda situação, este valor se reduziu durante a execução da grade de números e manteve o mesmo valor na recuperação.

Tabela – 4

Indicadores Psicofisiológicos atleta 3

Indicadores	LB	GN	REC	LB pós esforço	GN pós esforço	REC pós esforço
Média RR (ms)	777,1	1068,8	1117,4	720,6	649,7	649,7
SDNN (ms)	459,8	421,5	658,3	180,1	203,2	181,5
RMSSD (ms)	57,4	62	101,5	85,3	91,2	74,4
LF (Hz)	1376	5206	15106	5256	9173	2504
HF (Hz)	50	344	1458	1618	3195	2013
LF/HF	27,588	15,114	10,361	2,013	2,871	1,244
SD1 (ms)	38,7	43,9	72,5	60,4	64,6	52,7
SD2 (ms)	649,8	593,8	910,6	240,9	280,2	251,2
D2	0,19	0,332	1,173	2,378	3,431	1,733

Legenda: LB = Linha de Base; GN = Grade de números; REC = recuperação.

A VFC, na situação antes do esforço, foi maior após a atividade cognitiva, o que indica maior relaxamento ao final da atividade. Já na segunda situação, no pós esforço, houve um aumento da VFC durante a atividade, indicando maior ativação cognitiva para a realização da tarefa, conforme pode-se analisar na figura 25 por meio dos valores obtidos da variável SDNN.

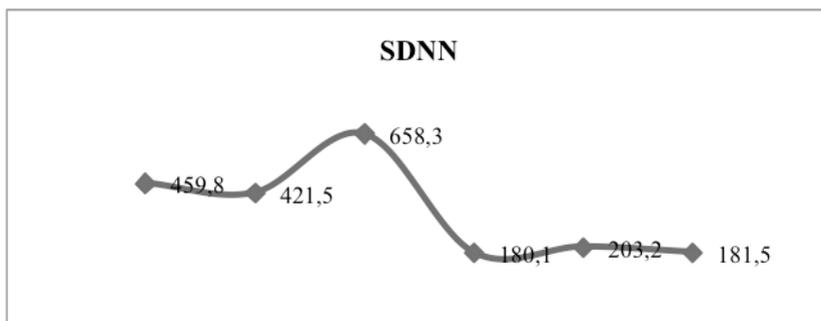


Figura 25 Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 3

O RMSSD, de acordo com os valores obtidos, teve maior ativação na recuperação da primeira grade de números, assim como a VFC nesta situação apresentou-se maior, o que ressalta a hipótese de maior relaxamento ao final da primeira atividade. A ativação deste indicador, na segunda situação, como observa-se na figura 26, foi maior durante a atividade cognitiva, o que indica maior atividade cognitiva após o teste de esforço máximo.

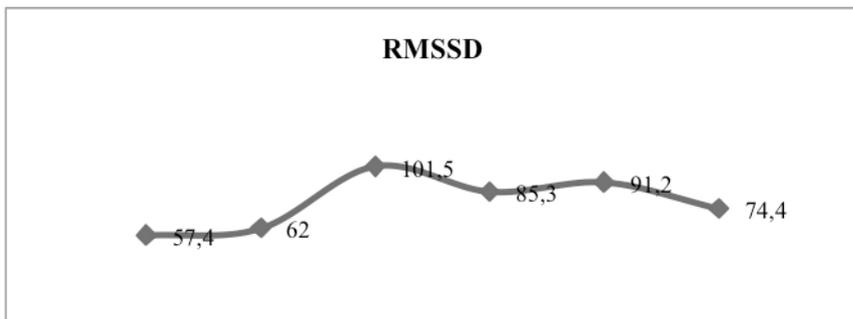


Figura 26 Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 3

A predominância do sistema simpático, neste caso, foi maior na linha de base do pré esforço, o que indica um certo estresse para a realização da atividade. Em todo momento houve predomínio do sistema simpático, porém verifica-se na figura 27 que na recuperação final, há uma queda nestes valores.

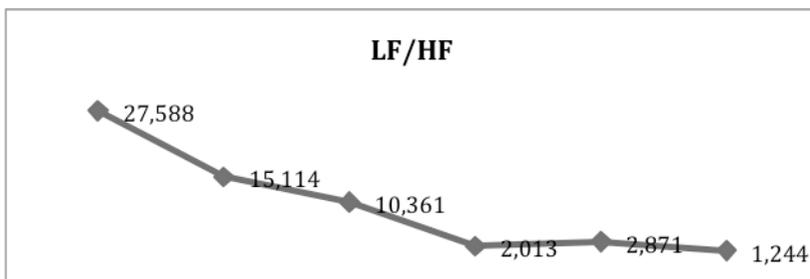


Figura 27 Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 3

O índice de D2, de acordo com a figura 28 a seguir, foi maior durante a tarefa após o esforço físico, indicando alta resiliência para execução deste tipo de tarefa após o esforço físico.

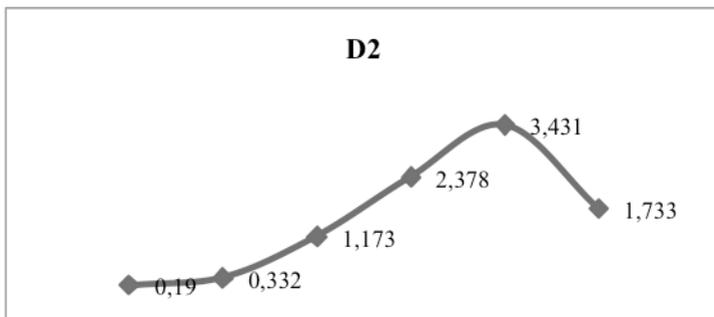


Figura 28 Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 3

5.2.4 Atleta 04

Verificando a acurácia média do atleta, nota-se na figura 29 que houve uma queda no pós esforço, conforme gráfico abaixo.

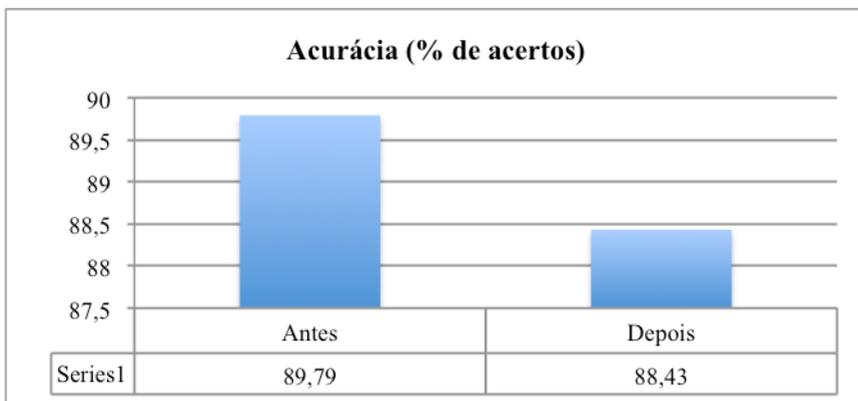


Figura 29 Comparação da porcentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 4

Em relação ao tempo, conforme observa-se na figura 30 durante a execução da grade de números foi maior na situação de pré esforço.

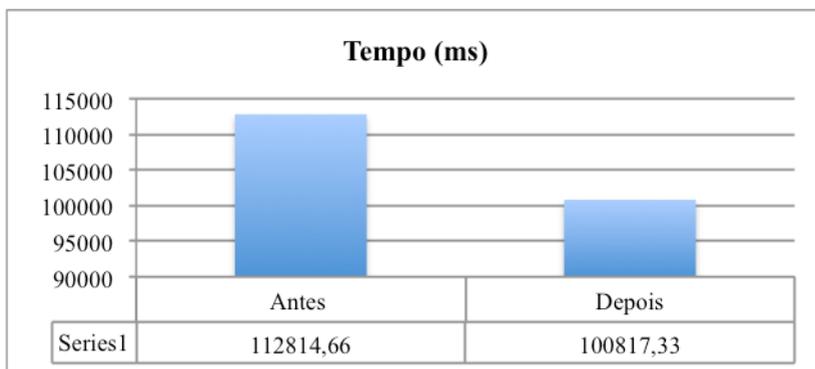


Figura 30 Comparação entre o tempo para a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico do atleta 4

Verifica-se que o desvio padrão do tempo entre os cliques foi maior na segunda situação, como pode-se observar na figura 31 abaixo. O atleta foi mais estável na situação de pré esforço.

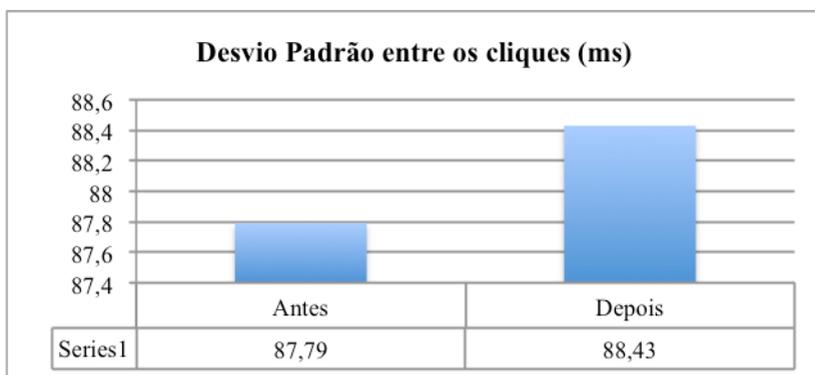


Figura 31 Comparação entre o desvio padrão entre os cliques durante a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico do atleta 4

Indicadores Psicofisiológicos

O RR apresentou aumento para a realização da grade de números tanto antes quanto depois do esforço físico conforme a tabela 5.

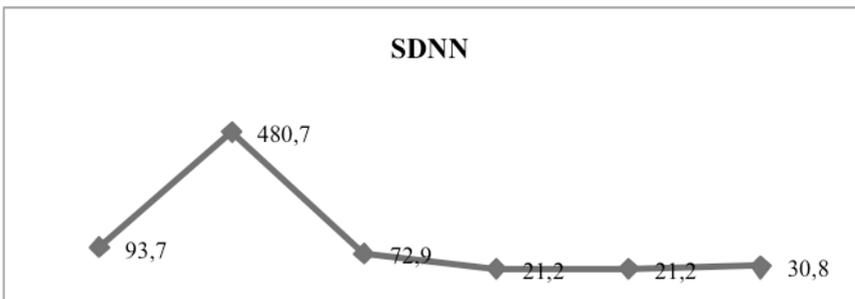
Tabela – 5

Indicadores Psicofisiológicos atleta 4

Indicadores	LB	GN	REC	LB pós esforço	GN pós esforço	REC pós esforço
Média RR (ms)	984,9	1196,1	937,1	616,6	643,3	664,7
SDNN (ms)	93,7	480,7	72,9	21,2	21,2	30,8
RMSSD (ms)	64,7	66,3	53,1	7,3	5,9	9,3
LF (Hz)	4045	8077	4160	153	168	209
HF (Hz)	2348	581	376	5	10	16
LF/HF	1,723	13,895	31,8	30,845	16,541	12,982
SD1 (ms)	46,9	53,6	37,6	5,2	4,2	6,6
SD2 (ms)	123,8	678,9	95,8	29,5	29,6	42,9
D2	4,022	3,020	4,367	0,246	0,296	0,486

Legenda: LB = Linha de Base; GN = Grade de números; REC = recuperação.

Ao se observar o comportamento do SDNN na figura 32, o atleta apresentou maior VFC durante a realização da grade de números do pré esforço. A VFC não teve alteração na linha de base do pós esforço físico em relação a realização da GN, o que pode indicar que o mesmo precisou de um tempo maior a recuperação dos valores iniciais. Este valor indica maior capacidade cognitiva na tarefa cognitiva antes do esforço.

**Figura 32** Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 4

Observa-se na figura 33 que o RMSSD esteve com índices maiores durante a realização da GN antes do esforço, e já na segunda atividade verifica-se que este valor encontrou-se menor em relação a linha de base do pós esforço, o que sugere um maior estado de fadiga.

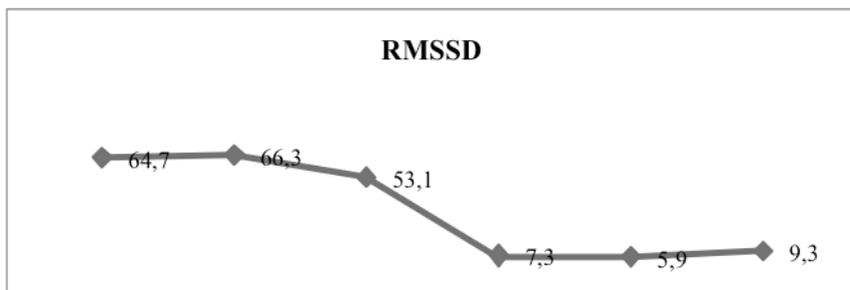


Figura 33 Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico atleta 4

Em todos os momentos, o sujeito apresentou predomínio do sistema nervoso simpático. Verifica-se na figura 34 que, durante a tarefa cognitiva no pré esforço, este valor encontrou-se mais elevado em comparação com a linha de base.

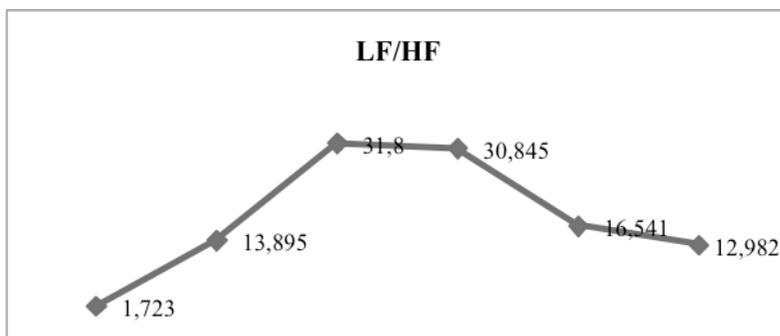


Figura 34 Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico atleta 4

Ao se observar o comportamento do D2 na figura 35, nota-se que o atleta apresentou maior resiliência durante na recuperação antes do esforço. Este valor no pós esforço apresentou-se maior gradativamente, sugerindo uma resposta á atividade física realizada.

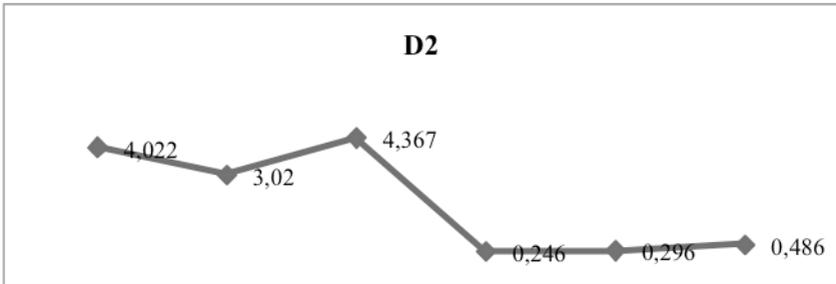


Figura 35 Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico atleta 4

5.2.5 Atleta 05

Como pode-se observar na figura 36 abaixo, o atleta apresentou queda na porcentagem de acertos na situação pós esforço.

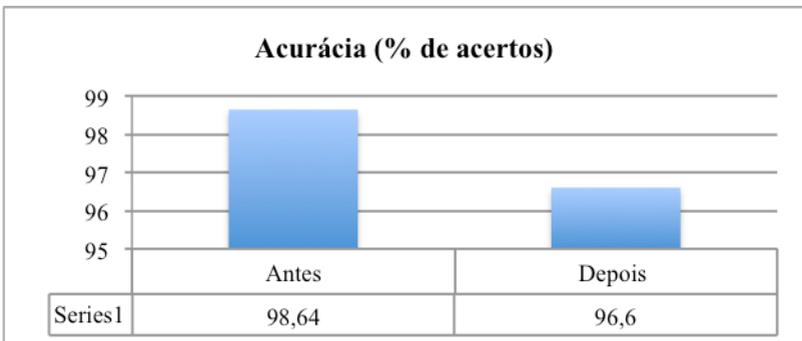


Figura 36 Comparação da porcentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico atleta 5

Em relação ao tempo que o sujeito levou para a realização das tarefas, observa-se que houve uma redução no pós esforço, como demonstra a figura 37 a seguir.

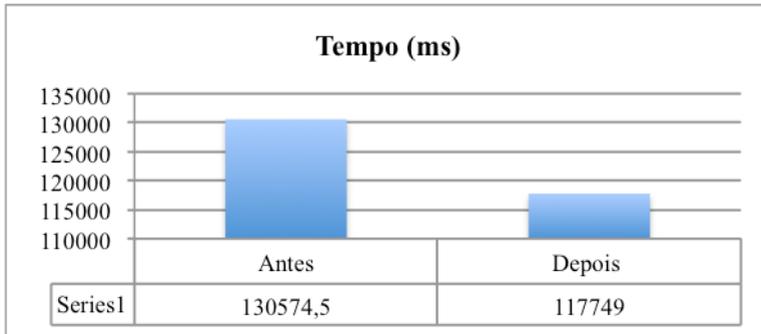


Figura 37 Comparação entre o tempo para a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico atleta 5

A estabilidade foi maior na primeira situação, como observa-se no aumento do desvio padrão durante a realização da tarefa no pós esforço, conforme pode-se verificar na figura 38.

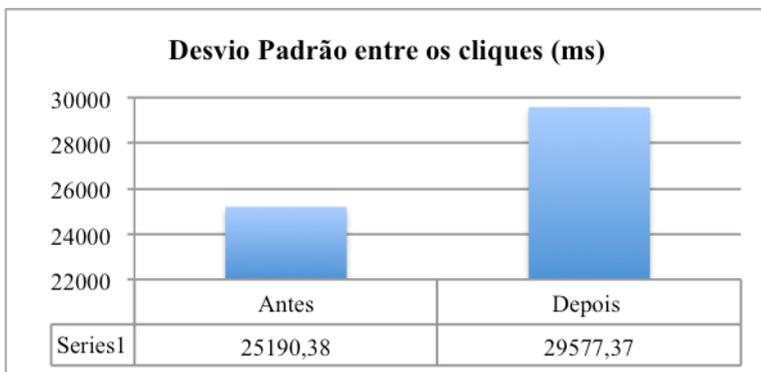


Figura 38 Comparação entre o desvio padrão entre os cliques durante a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico atleta 5

Indicadores Psicofisiológicos

Tabela – 6

Indicadores Psicofisiológicos atleta 05

Indicadores	LB	GN	REC	LB pós esforço	GN pós esforço	REC pós esforço
Média RR (ms)	913,3	970,5	907,9	588,8	596,6	596,8
SDNN (ms)	144,4	200,5	203,7	25,7	7,3	35,3
RMSSD (ms)	122,5	88,3	146,4	22,8	0	39,1
LF (Hz)	0,0664	0,0586	4212	0,0469	0,1094	0,0547
HF (Hz)	0,2539	0,2227	50,53	0,1641	0,1992	0,168
LF/HF	0,326	3,297	2,052	5,704	19,728	6,858
SD1 (ms)	86,7	62,5	103,9	16,1	2,2	27,6
SD2 (ms)	184,8	277	206,6	32,5	10,1	41,6
D2	3,378	2,446	2,954	0,451	0	0,584

Legenda: LB = Linha de Base; GN = Grade de números; REC = recuperação.

Observa-se na tabela 6 que o RR apresentou aumento em relação a linha de base para a realização da tarefa, tanto antes quanto depois do esforço.

O atleta apresentou maior VFC durante a realização da GN antes do esforço, em comparação com a linha de base, indicando maior atividade cognitiva nesta situação. Nota-se que durante a realização da tarefa cognitiva no pós esforço, os valores de SDNN obtiveram um índice reduzido em comparação com a linha de base e recuperação, como pode-se observar na figura 39 a seguir.

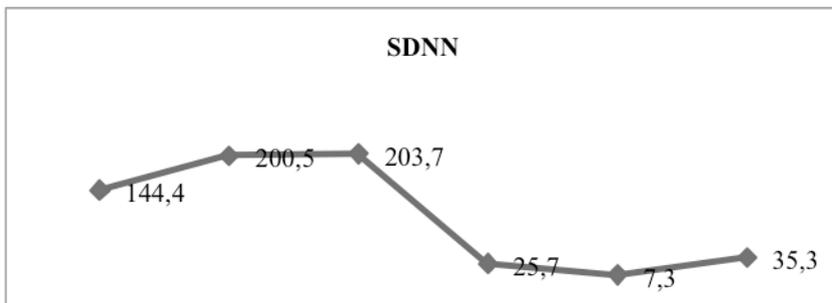


Figura 39 Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 5

O RMSSD, de acordo com a figura 40, apresentou maior valor na recuperação do pré esforço, e foi nulo durante a atividade cognitiva no pós esforço, o que indica baixo desempenho cognitivo, ou mesmo fadiga.

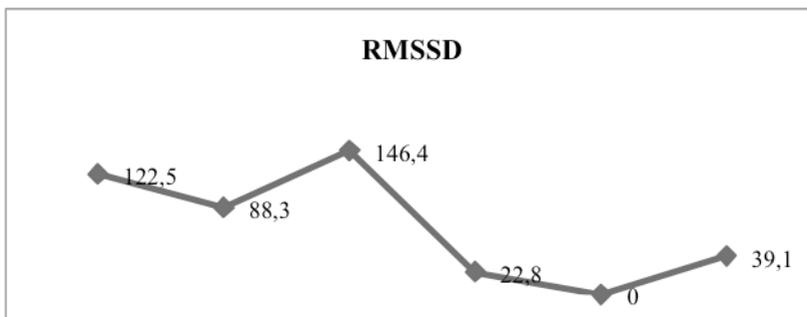


Figura 40 Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 5

No momento de base do pré exercício, o atleta apresentou domínio do sistema parassimpático, indicando que o mesmo estava mais relaxado antes de iniciar a tarefa cognitiva. Nas outras situações, houve predomínio do sistema simpático, sendo que, mesmo se recuperando da atividade física, este valor foi maior durante a realização da tarefa cognitiva como pode-se verificar na figura 41.

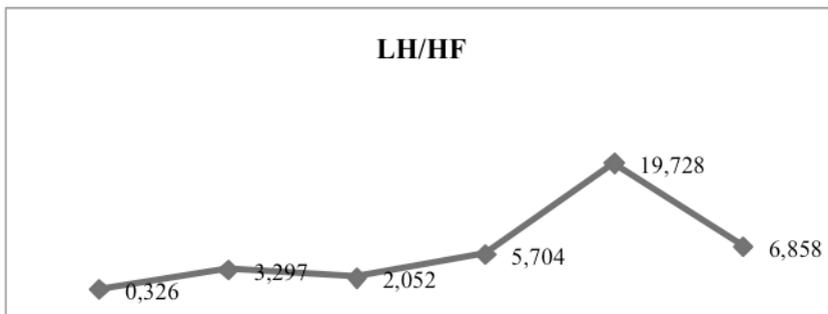


Figura 41 Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico atleta 5

Ao observar os índices de resiliência, nota-se na figura 42 que houve um decréscimo em relação á linha de base no pré esforço, e que este valor foi nulo durante a atividade no pós esforço físico, indicando menor resiliência para realização de tarefas cognitivas na segunda situação.

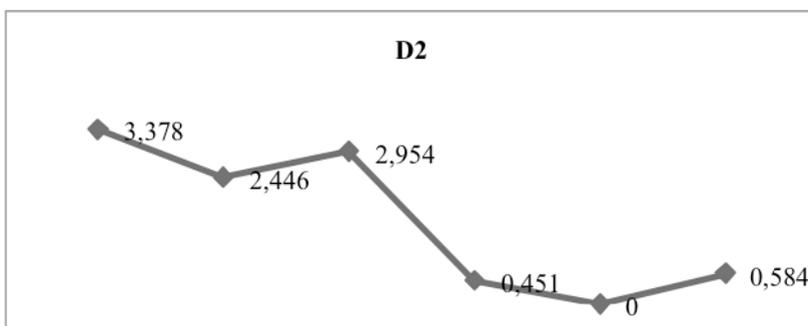


Figura 42 Gráfico de linha do comportamento da variável D2 durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico atleta 5

5.2.6 Atleta 06

No caso deste atleta, verifica-se na figura 43 que há uma melhora da acurácia no pós esforço físico, sendo que o mesmo chegou a obter 100% de acertos.

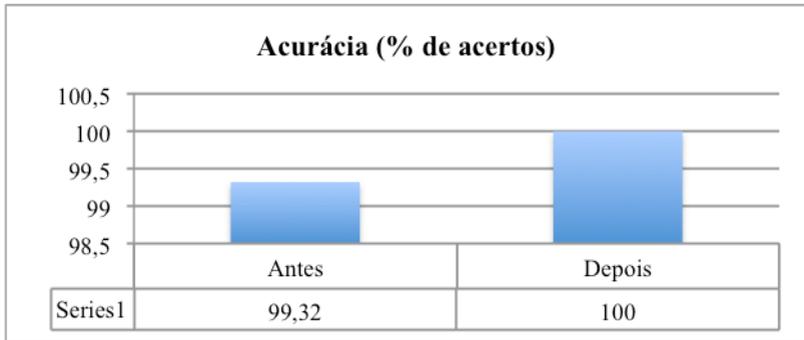


Figura 43 Comparação da porcentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 6

O tempo para realização da tarefa, conforme figura 44 foi menor no pós esforço físico.

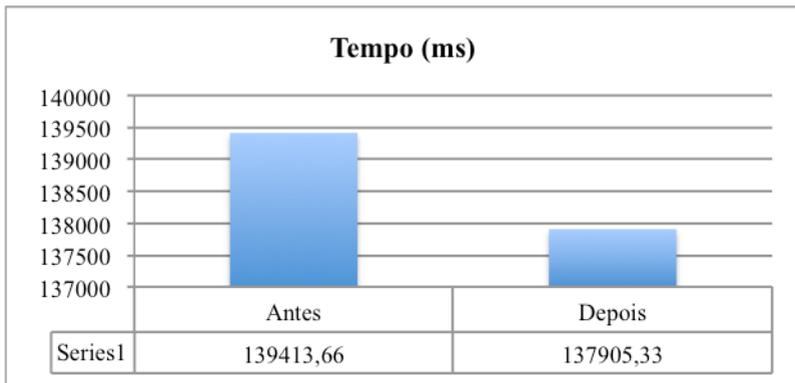


Figura 44 Comparação entre o tempo para a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico do atleta 6

A variação de tempo para execução da tarefa, como pode-se observar na figura 45 foi maior na segunda tarefa, indicando menor estabilidade.

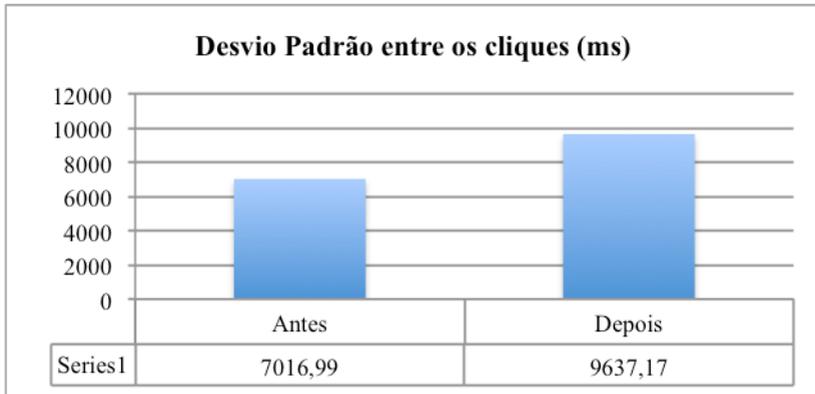


Figura 45 Comparação entre o desvio padrão entre os cliques durante a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico do atleta 6

Indicadores Psicofisiológicos

O comportamento da variável RR apresentou queda constante em relação a linha de base até a recuperação na situação antes do esforço. Já na situação depois do esforço, esta variável apresentou um comportamento inverso, com aumento gradativo da linha de base à recuperação, como pode-se visualizar na tabela 7.

Tabela – 7

Indicadores Psiofisiológicos atleta 6

Indicadores LB	GN	REC	LB pós esforço	GN pós esforço	REC pós esforço	
Média RR (ms)	839,1	800,6	795,8	616,6	643,9	659,8
SDNN (ms)	81,9	90,1	118,7	21,1	32,9	42,6
RMSSD (ms)	63,9	98,1	93,9	7,3	38,5	39,6
LF (Hz)	946	4212	2528	153	168	252
HF (Hz)	957	8210	617	5	10	26
LF/HF	0,989	0,513	4,097	30,845	16,592	9,864
SD1 (ms)	45,2	69,4	66,5	5,2	27,3	28,1
SD2 (ms)	102,4	106,7	154,3	29,5	37,7	53,3
D2	3,973	3,731	2,545	0,244	0,211	0,898

Legenda: LB = Linha de Base; GN = Grade de números; REC = recuperação.

Este atleta apresentou maior VFC na recuperação da atividade do pré esforço, sua VFC também apresentou-se maior durante a realização da tarefa cognitiva em relação a linha de base, como observa-se na figura 46. No pós esforço, a VFC apresentou a mesma tendência de ordem crescente, o que sugere uma adaptação ao exercício físico.

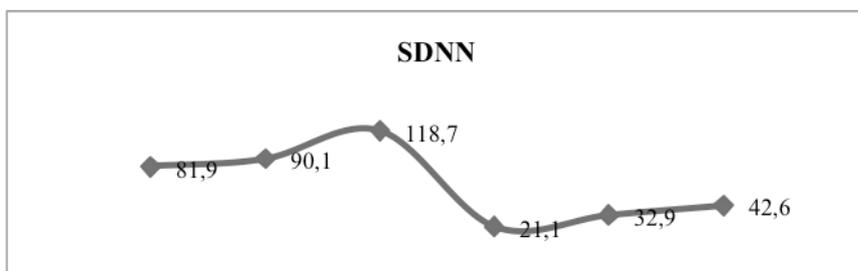


Figura 46 Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 6

O RMSSD apresentou-se maior durante a tarefa cognitiva do pré esforço o que sugere maior desempenho cognitivo nesta atividade. Na

situação do pós esforço, este valor obteve um índice crescente, o que pode indicar adaptação à atividade física, como observa-se na figura 47 abaixo.

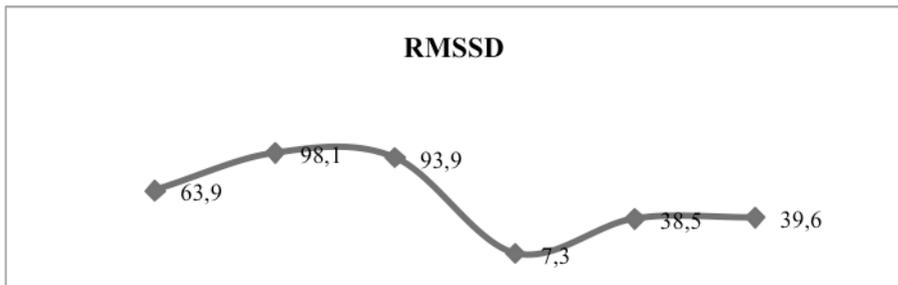


Figura 47 Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 6

O sujeito apresentou domínio do sistema parassimpático tanto no repouso quanto durante a realização da tarefa cognitiva no pré esforço. A dominância do simpático deu-se nas situações de recuperação do pré esforço e no pós esforço, como verifica-se na figura 48.

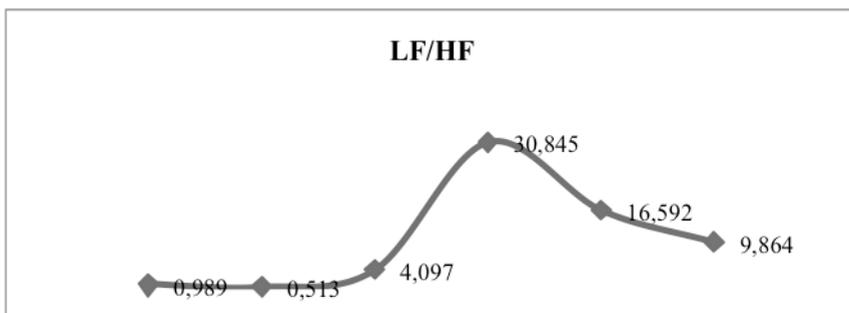


Figura 48 Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 6

O atleta apresentou maior índice de resiliência na linha de base do pré esforço físico, como observa-se na figura 49 a seguir, sendo que este valor foi decrescente durante a GN e recuperação. Na segunda situação, o

valor de D2 foi menor durante a realização da tarefa cognitiva e maior na recuperação das atividades.

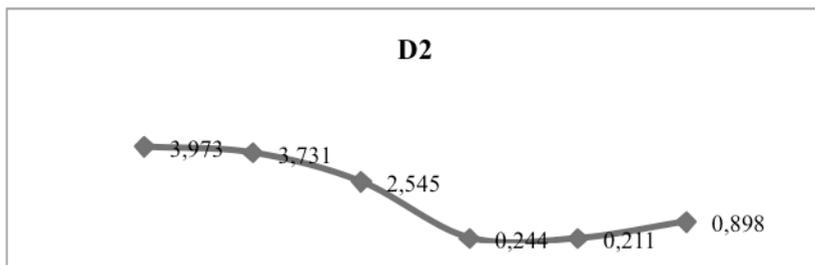


Figura 49 Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 6

5.2.7 Atleta 07

Neste caso, o atleta manteve a acurácia tanto antes quanto após o esforço, sendo que houve um percentual de 100% de acertos, onde, como observa-se na figura 50.

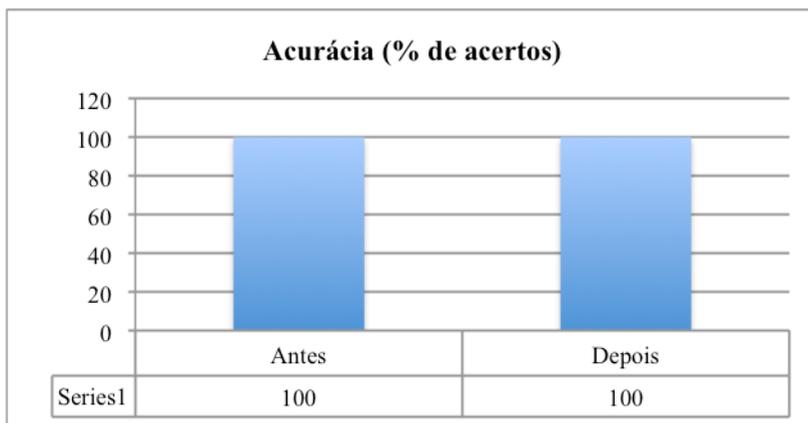


Figura 50 Comparação da porcentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 7

Sua medida do tempo em milissegundos diminuiu na segunda tarefa, conforme observa-se na figura 51 abaixo. Ou seja, o desempenho foi melhor no pós esforço físico.

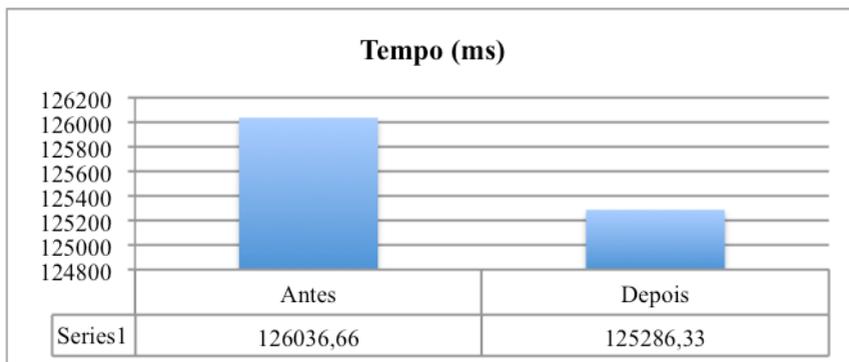


Figura 51 Comparação entre o tempo para a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico do atleta 7

A média do desvio padrão entre os cliques, foi maior na segunda tarefa, como pode-se observar na figura 52 a seguir, indicando que houve uma maior estabilidade na execução da tarefa cognitiva no pré esforço.

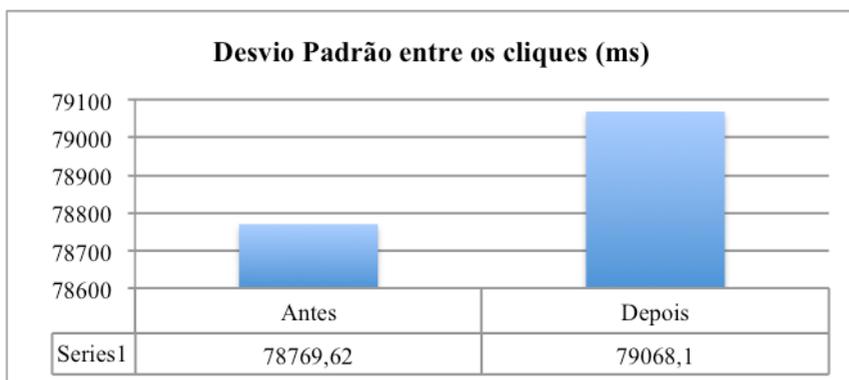


Figura 52 Comparação entre o desvio padrão entre os cliques durante a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico do atleta 7

Indicadores Psicofisiológicos

Ao verificar a tabela 8, nota-se que o RR apresentou queda para a realização da tarefa antes do esforço físico, enquanto na situação do pós esforço, esta variável apresentou aumento constante.

Tabela – 8
Indicadores Psicofisiológicos atleta 7

Indicadores	LB	GN	REC	LB pós esforço	GN pós esforço	REC pós esforço
Média RR (ms)	805,5	760,9	761,8	531,1	535,8	572,4
SDNN (ms)	98	46,5	55	11,1	16,4	14,9
RMSSD (ms)	78	29,1	40,8	4	4,2	5,4
LF (Hz)	0,0859	0,0508	0,043	0,0469	0,043	0,1016
HF (Hz)	0,1836	0,1914	0,1563	0,1641	0,1602	0,1719
LF/HF	2,555	1,598	3,002	10,666	18,993	5,785
SD1 (ms)	55,2	20,6	28,9	2,8	3	3,8
SD2 (ms)	119,8	62,4	72,2	15,4	23	20,8
D2	3,813	2,626	3,800	0,009	0,106	0,047

Legenda: LB = Linha de Base; GN = Grade de números; REC = recuperação.

No caso do atleta 7, verificou-se que sua VFC foi menor durante a realização da tarefa cognitiva, no pré esforço, como observa-se na figura 53. Este valor foi maior durante a realização da tarefa cognitiva no pós esforço, o que indica maior concentração para realização da tarefa.

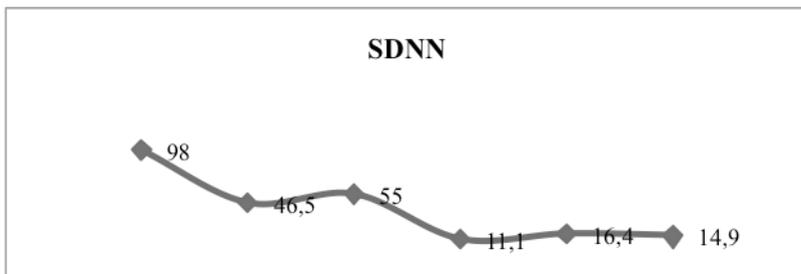


Figura 53 Gráfico de linha do comportamento da variável DSNN durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 7

Como observa-se na figura 54, em relação ao RMSSD, nota-se que seu valor foi maior durante a linha de base no pré esforço e maior na recuperação do pós esforço.

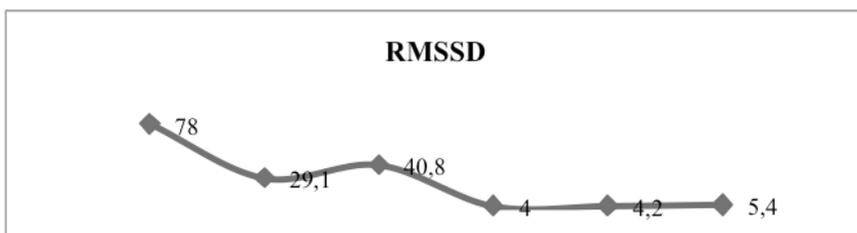


Figura 54 Gráfico de linha do comportamento da variável RMSSD durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 7

Em todas as situações houve um predomínio do sistema simpático, sendo que na situação de atividade cognitiva no pós esforço, este valor esteve com um índice maior, como observa-se na figura 55, indicando que esta atividade pode ter sido estressante para o atleta.

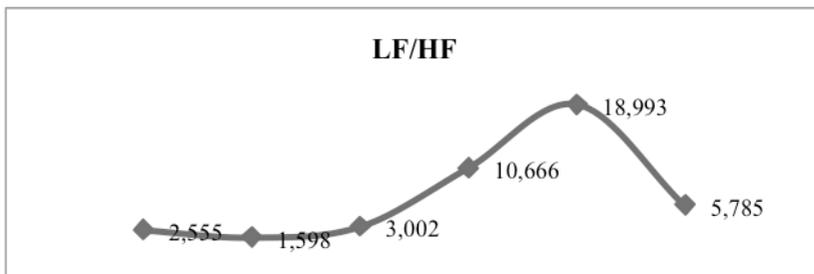


Figura 55 Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 7

Na situação do pré exercício, o valor de D2 foi maior durante a linha de base, quando comparado com a atividade cognitiva e a recuperação. Na situação de pós esforço, como pode-se verificar na figura 56 houve uma resiliência maior durante a atividade cognitiva.

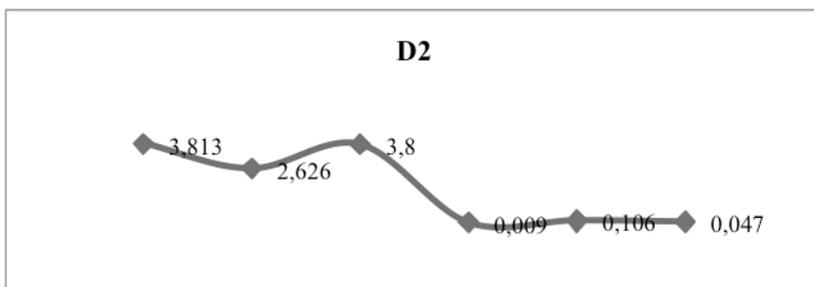


Figura 56 Gráfico de linha do comportamento da variável D2 durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 7

5.2.8 Atleta 08

O atleta apresentou menor acurácia no pós esforço físico como pode se observar na figura 57 a seguir.

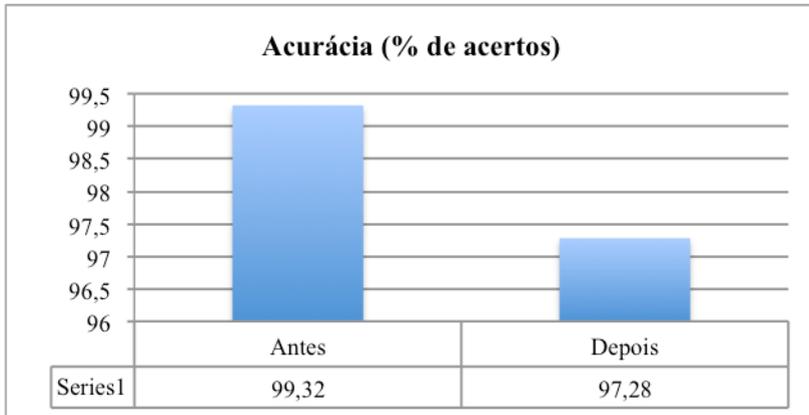


Figura 57 Comparação da percentagem de acertos da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 8

Em relação ao tempo, percebe-se que houve uma redução do mesmo na segunda tarefa conforme a figura 58 abaixo.

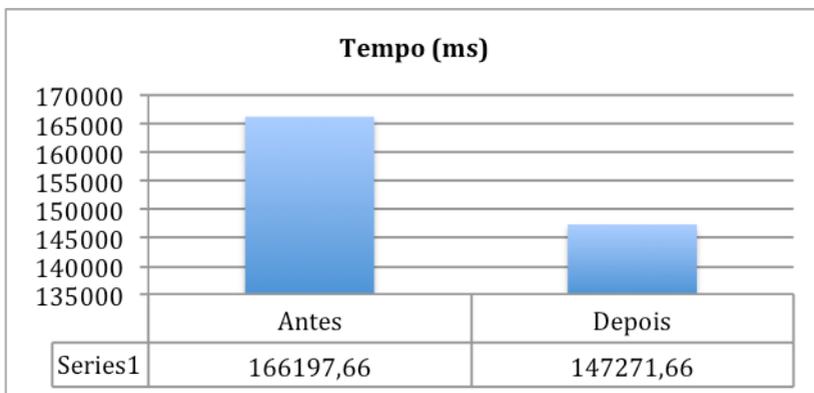


Figura 58 Comparação entre o tempo para a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico do atleta 8

Ao se verificar a figura 59 do desvio padrão, nota-se este valor apresentou-se maior na primeira situação, indicando maior estabilidade para a realização da tarefa no pós esforço.

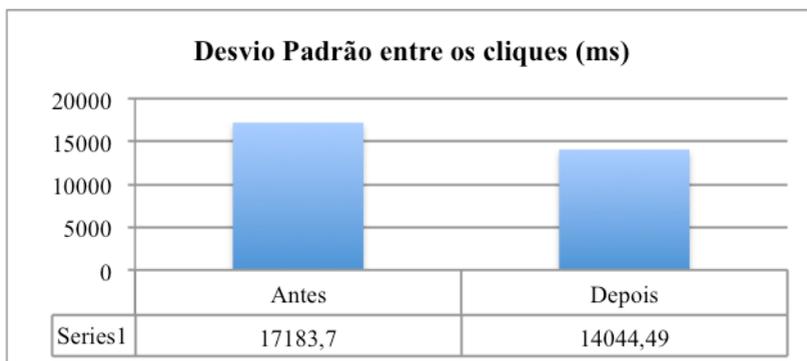


Figura 59 Comparação entre o desvio padrão entre os cliques durante a realização da tarefa, antes e depois do esforço físico do atleta 8

Indicadores Psicofisiológicos

Ao se observar a tabela 9, nota-se que na situação de antes do esforço, os valores de RR apresentaram queda gradativa em comparação a linha de base. Já na situação do pós esforço, houve um aumento gradativo desta variável em comparação a linha de base.

Tabela – 9

Indicadores Psicofisiológicos atleta 8.

Indicadores LB	GN	REC	LB pós esforço	GN pós esforço	REC pós esforço	
Média RR (ms)	918,4	902,3	895	633,5	825,9	893
SDNN (ms)	155,7	105,4	105,6	74	490,5	486,9
RMSSD (ms)	108,6	87,9	66,2	16,2	39,6	69,8
LF (Hz)	7870	1221	1154	176	6853	5462
HF (Hz)	4882	1548	1319	30	327	364
LF/HF	1,612	0,786	0,876	5,834	20,939	14,990
SD1 (ms)	76,9	62,3	46,9	11,5	28,1	50
SD2 (ms)	206,2	135,7	141,9	104,1	693,8	666,5
D2	0,232	3,173	4,195	0,983	1,065	1,679

Legenda: LB = Linha de Base; GN = Grade de números; REC = recuperação.

Ao se observar a figura 60, nota-se que o atleta apresentou maior VFC durante a linha de base, no pré esforço e menor durante a realização da GN. Já na segunda situação, a VFC foi maior durante a realização da GN, sendo que seu valor foi menor durante a obtenção da linha de base.

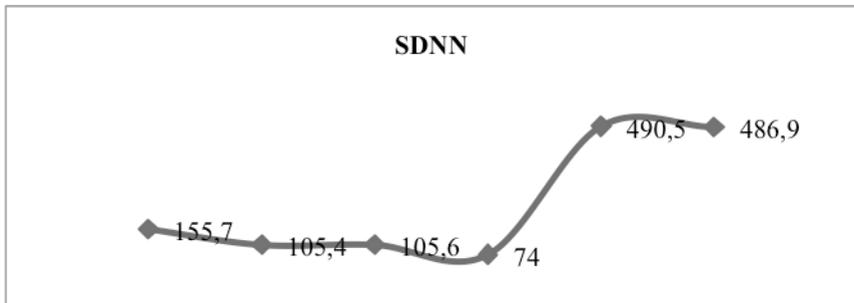


Figura 60 Gráfico de linha do comportamento da variável SDNN durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 8

Ao verificar os valores de RMSSD, conforme figura 61, verifica-se que houve uma queda em relação a linha de base, tarefa cognitiva e recuperação no pré esforço. No pós esforço, esta situação deu-se inversa. Sugere-se maior ativação cognitiva na segunda atividade em comparação com a primeira.

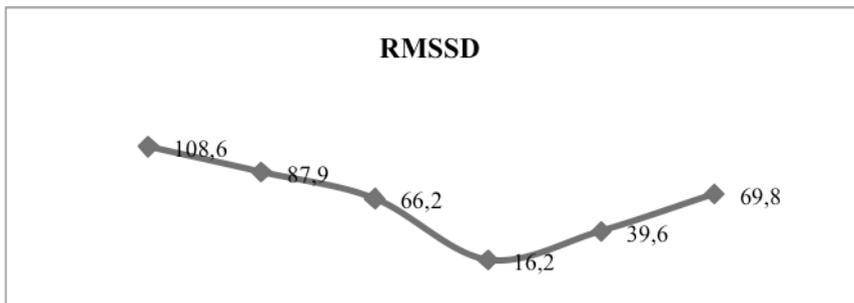


Figura 61 Gráfico de linha do comportamento da variável D2 durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 8

Ao se observar a figura 62, verifica-se que na situação de pré esforço que durante a atividade cognitiva e na recuperação, houve predominância do sistema nervoso parassimpático. Já nas outras situações, o predomínio foi do simpático, onde seu valor foi maior durante a realização da tarefa cognitiva no pós esforço.

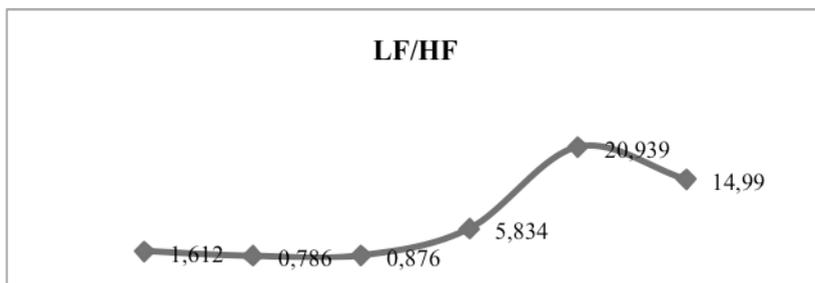


Figura 62 Gráfico de linha do comportamento da variável LF/HF durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 8

A resiliência do atleta foi maior na recuperação da tarefa cognitiva no pré e no pós esforço, conforme figura 63.

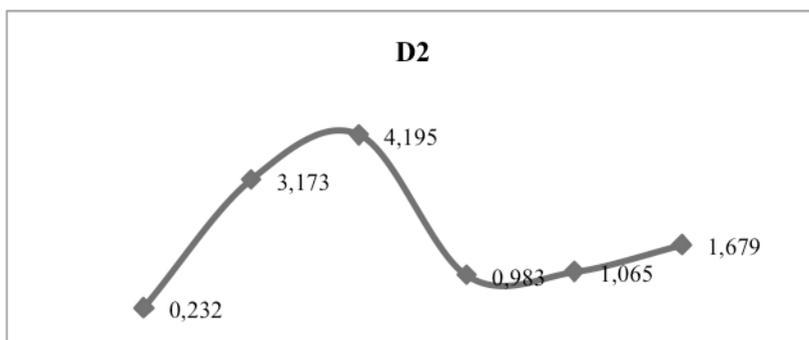


Figura 63 Gráfico de linha do comportamento da variável D2 durante a realização da grade de números, antes e depois do esforço físico do atleta 8

5.3 Desempenho Cognitivo – Análise Geral

O desempenho cognitivo dos atletas em geral, pode ser verificado na tabela 10. O desempenho é avaliado pela acurácia, ou seja o número de erros e acertos, pelo tempo e pelo desvio padrão entre os cliques.

Tabela – 10

Desempenho Cognitivo dos Atletas antes e depois do esforço físico

Atleta	Acurácia antes (%)	Acurácia depois (%)	Tempo antes (ms)	Tempo depois (ms)	DP antes	DP depois
1	96,598	95,918	78273	93391,666	12058,885	19768,037
2	97,599	100	99565,333	99133	5949,546	12175,905
3	97,959	97,959	72973,333	74109,333	25190,378	29577,372
4	89,795	88,435	112814,666	100817,333	87,795	88,435
5	98,639	96,598	130574,5	117749	25190,378	29577,372
6	99,319	100	139413,666	137905,333	7016,986	9637,176
7	100	100	126036,666	125286,333	78769,619	79068,104
8	99,319	97,278	166197,666	147271,666	17183,7	14044,489
Média	97,403	97,023	115731,104	111957,958	20617,027	22762,032
DP	3,261	3,8299	31476,619	24487,094	24377,731	23828,714
Teste t	0,49620528		0,34729989		0,43064672	

*Onde $p < 0,05$ entre a média dos grupos, há diferença significativa. DP = Desvio Padrão entre os cliques

Como pode-se observar na tabela 2, em relação à acurácia, houve uma queda em sua média no pós atividade. A média do tempo para a realização das tarefas apresentou ser menor no pós atividade, assim como a estabilidade foi menor, devido ao fato do desvio padrão entre os cliques ter se apresentado maior na situação de pós exercício. Apesar destes

resultados, as habilidades cognitivas não apresentaram diferença significativa entre as médias de antes e depois do esforço. Como pode-se observar no teste t.

Observa-se que não houve um padrão de resposta entre os atletas. Por exemplo, em relação à acurácia, alguns obtiveram melhor resultado antes do esforço, como no caso dos atletas 1, 4, 5 e 8 enquanto os demais obtiveram melhor desempenho depois do esforço. Já referente ao tempo, os atletas 2, 4, 5, 6, 7 e 8 apresentaram tempo menores na situação pós esforço. Apenas o atleta 2 apresentou maior estabilidade na situação de pós esforço.

Em relação ao desempenho geral, observa-se que o atleta 7 foi o que obteve melhores resultados, enquanto o atleta 4 o pior.

5.4 VFC Durante Atividade Cognitiva – Análise Geral

Esta sessão apresenta os resultados da VFC durante o desempenho cognitivo na grade de números, antes e depois do esforço físico máximo. Como pode-se observar na tabela 37, teve-se como variáveis dependentes os seguintes indicadores de VFC: média RR, Média BC, SDNN , RMSSD, NN50, LF, HF, LF/HF, SD1, SD2 e D2.

Tabela – 11

VFC durante atividade cognitiva antes e depois do esforço máximo.

Variável VFC	Antes esforço	DP	Depois do esforço	DP	Significância
Média RR	901,2	166,0444433	618,3625	92,60259091	0,003347057*
Média BC	71,105	8,769986154	103,0625	14,87591894	0,000960307*
SDNN	183,8125	172,3684711	101,6125	169,9812043	0,362142979
RMSSD	63,4875	28,37491032	27,80625	31,05479532	0,033233142*
NN50	91,625	63,17535121	40,875	90,5782022	0,24477848
LF	3217,375	2777,879095	2075,375	3717,462266	0,494514692
HF	1588,75	2722,112087	444,5	1117,050837	0,335300907
LF/HF	5421,03775	5939,968465	12401,29	9754,024189	0,181245725
SD1	44,9375	20,09910712	20,1375	21,61110412	0,03494955*
SD2	253,2375	246,5855165	139,0875	241,8237637	0,375233341
D2	2,670375	1,018524835	0,660625	1,170404806	0,030766097*

LGenda: DP = Desvio Padrão; * Diferenças estatisticamente significativas para $p < 0,05$

5.5 Correlação entre VFC e desempenho cognitivo

A seguir, é possível visualizar na tabela 12 as correlações entre a VFC e o desempenho cognitivo dos atletas, tanto antes quanto depois do esforço. A acurácia apresentou média correlação com as variáveis RR, BC, SDNN, LF, LF/HF e SD2 antes do esforço, porém no pós esforço não houve correlação significativa.

Tabela – 12

Correlação entre VFC e desempenho cognitivo

Variável	Correlação					
	Acúrcia antes	Acúrcia depois	Velocidade antes	Velocidade depois	Estabilidade antes	Estabilidade depois
Média	-0,672415*	-0,2675727	-0,2103154	0,63501624*	0,2741375	-0,3027642
RR						
Média	0,51698143	0,37239303	0,24760359	-0,6191187	0,2440261	0,14565402
BC						
SDNN	-0,6917975*	0,05892564	-0,2316189	0,39081831	-0,317884	-0,2582411
RMSSD	-0,0421722	0,16494426	0,03310209	-0,249283	-0,3676775	-0,4309159
NN50	-0,1002485	0,10774834	0,0410238	-0,4290686	-0,1901075	-0,3029451
LF	-0,6439601*	0,09387536	-0,2653441	-0,106657	-0,3159316	-0,3292154
HF	0,27561078	0,10061867	0,32833795	-0,5250994	-0,2081267	-0,2806407
LF/HF	-0,6809287*	0,15681699	-0,3239896	0,62512384*	-0,3090043	0,10800626
SD1	-0,0420991	0,17754463	0,03384843	-0,2623985	-0,3671826	-0,4421431
SD2	-0,6969422*	0,05050915	-0,2406689	-0,39523439	-0,3092008	-0,2477596
D2	-0,0672156*	0,10657942	0,41305553	-0,3901654	0,03843741	-0,3061951

*Correlação de valor médio: considerando, até 0,5 fraco; até 0.7 médio e 1 forte.

A velocidade não apresentou correlação entre as variáveis da VFC antes do esforço. E, depois do esforço, somente o R-R e LF/HF apresentaram média correlação. A estabilidade não apresentou correlação significativa em nenhuma das situações.

6. DISCUSSÃO DOS DADOS

O presente estudo teve como objetivo principal analisar os efeitos da variabilidade da frequência cardíaca em teste cognitivo antes e após esforço máximo em tenistas de alto rendimento. A princípio, a ideia era obter uma amostra grande e tentar traçar um perfil desta população para que a metodologia utilizada pudesse servir como ferramenta de intervenção e auxílio para treinadores e psicólogos do esporte.

Entretanto, além da dificuldade em reunir atletas desta modalidade para as coletas, a medida que o estudo foi evoluindo, constatou-se diferenças individuais ente atletas que não poderiam ser analisadas como um geral. Caldeira (2011) explica que há uma grande dificuldade de reunir atletas desta modalidade, pois este é um esporte individual, onde cada esportista possui uma rotina própria de treino e competição. O autor ainda sugere que há diversos fatores individuais que influenciam o desempenho cognitivo em determinada tarefa. Fatores como idade, nível de prática, mudança de estratégia, personalidade, nível de atenção e entre outros.

Outro fator relevante para uma análise individual dos dados, seria considerar um dos princípios básicos do treinamento esportivo, que é o princípio da individualidade. Bompá (2002) explica que a individualidade é uma das principais exigências do treinamento contemporâneo e que este princípio refere-se à idéia de que o treinador precisa tratar cada atleta de forma individualizada. Além disto, a personalidade de cada individuo reflete efeitos na fisiologia periférica que também devem ser tratados de forma individual.

Isto vai de encontro a teoria de que fatores de personalidade que podem afetar a performance cognitiva (Salgado, 1998). Isto ocorre porque as estruturas cerebrais que envolvem a personalidade influenciam na

modulação autonômica periférica. Koelsch, Enge e Jentschke (2012) encontraram padrões na VFC que fornecem informações sobre personalidade e estas informações podem vir a auxiliar na detecção da pré disposição do sujeito em apresentar disfunções cardíacas, afetivas e psicossomáticas.

Neste sentido, mais do que a obtenção de um grande número de amostras para formar um banco de dados com características de tenistas profissionais, este estudo apresentou uma forma de avaliar o desempenho cognitivo de atletas para que sirva como ferramenta de intervenção tanto para a melhora de rendimento, quanto para auxílio de motivação, prevenção de lesões e fadiga física e mental.

Na análise da grade de números, verificou-se que não houve diferença significativa no desempenho dos atletas nas tarefas cognitivas antes e depois do esforço. Tanto na acurácia, tempo e estabilidade. Porém, foi observado que houve redução do tempo para a execução da tarefa e queda da estabilidade no pós esforço. Luft, Takase e Darby, (2009) em seu estudo, não encontraram diferenças significativas na performance cognitiva antes e depois do esforço. O que sugere que os atletas conseguiram manter suas habilidades cognitivas mesmo depois do esforço físico, e que os mesmos não atingiram um nível alto de fadiga.

O atleta 7 foi o sujeito que apresentou melhor rendimento nas tarefas e sua acurácia foi de 100% de acertos, tanto antes quanto depois do esforço. Este atleta é o que está melhor colocado no ranking em comparação aos outros atletas avaliados. Enquanto isso, o atleta 4, que obteve valores mais baixos de acurácia em comparação aos seus colegas, alto tempo para a realização da tarefa e baixa estabilidade acabou abandonando o esporte alguns dias depois da coleta.

Acredita-se que, como fator psicológico, a falta de motivação para se manter no esporte, acaba por influenciar desempenhos, tanto cognitivos quanto físicos e motores. Segundo Yarrow, Brown e Krauker (2009) afirmam que a motivação está relacionada às tomadas de decisão no esporte e alta motivação promove melhores desempenhos físicos e cognitivos. Neste sentido, para este atleta seria interessante trabalhar fatores motivacionais que não o levassem ao abandono do esporte. Estes achados salientam mais uma vez a importância de uma avaliação individual para os atletas, sendo que a mesma intervenção não poderia ser aplicada para o atleta 7.

Ao verificar as correlações do desempenho cognitivo, observou-se que a acurácia apresentou alta correlação com as variáveis RR, BC, SDNN, LF, LF/HF e SD2 antes do esforço, porém no pós esforço não houve correlação significativa. A velocidade não apresentou alta correlação entre as variáveis da VFC antes do esforço. E, depois do esforço, somente o LF/HF apresentou alta correlação. A estabilidade não apresentou correlação significativa em nenhuma das situações.

Ao analisar as variáveis da VFC, verificou-se que o RR médio dos atletas apresentou na linha de base, valor de 852,04(ms) no pré exercício. Durante a atividade, este valor se elevou para 913,9(ms) e depois da atividade baixou para 871,35(ms). O desvio padrão, principalmente para a atividade cognitiva foi de 155,17 indicando que houve grande diferença de valores de RR entre os atletas, onde o atleta 4 apresentou maior valor durante a tarefa e o atleta 7, o menor valor. Os valores de RR representam o tempo entre as batidas do coração durante um ritmo cardíaco normal, são medidas em milissegundos e quanto maior a variação neste intervalo, maior a variabilidade da frequência cardíaca (Mourot *et al.*, 2004).

Um estudo de Caldeira (2011) que avaliou o desempenho cognitivo de atletas de tênis depois de um torneio, encontrou valores uma média de linha de base de seus atletas de 832,2(ms) para o RR e durante a avaliação cognitiva, este número caiu para 802,7. Estes achados não vão de encontro aos achados obtidos no presente estudo. Apesar do autor sugerir que estes índices são baixos ao comparar com outros estudos, o mesmo não encontrou um estudo específico que indicasse um perfil normativo de indicadores da VFC. E, ainda o mesmo afirmou haver um grande número de estudos sobre VFC em diferentes tipos de população que mostram grande diversidade de valores para cada um dos indicadores da VFC.

O estudo de Luque-Casado, Zabala, Mateo-March e Sanabria (2013) encontrou valores médios de RR em atletas altamente treinados de 1153,70(ms) enquanto os não treinados apresentaram RR de 925,69(ms). Estes valores mais altos podem estar relacionado com o fato de que a coleta da linha de base foi realizada em posição de decúbito dorsal e não sentada, como foi realizada na presente coleta. Este estudo foi de encontro ao anterior, que encontrou menor RR no teste cognitivo de atenção sustentada em comparação à linha de base.

Mourot *et al.* (2004) Encontrou no estudo, da VFC durante um teste cognitivo que o intervalo entre as batidas foi mais baixo durante os períodos de atividade cognitiva em relação a linha de base. E este valor se mostrou reduzido durante episódios de alta demanda cognitiva, que baixou de 897(ms) para 880(ms). Os autores relacionam a demanda cognitiva para realização de testes com mudanças no SNA, onde ocorre aumento do catabolismo e de gasto de energia para realização da tarefa assim como valores reduzidos para RR. O estudo de Seiler, Haugen e Kuffel (2007) observaram valores de pré treino em atletas altamente treinados na faixa

etária de 23 anos de 1127(ms). E, Menezes *et al.* (2009), para atletas altamente treinados na faixa etária de 24 anos encontraram valores de RR pré esforço de 1097(ms).

Os atletas 2, 6 e 7 foram os que não aumentaram valores de RR em relação à linha de base para a tarefa cognitiva. Sendo que, os atletas 6 e 7 apresentaram melhor desempenho na tarefa, maior acurácia e menor erro entre os cliques. Neste caso, pode-se levar a acreditar que o maior gasto energético para a realização da tarefa, neste caso, esteja relacionado com o melhor desempenho.

Ainda, analisando RR do pré esforço, durante a transição da linha de base para da atividade cognitiva, houve um aumento do RR em relação ao último minuto da linha de base, os atletas que não obtiveram este comportamento foram 1, 2, 3 e 7. Levando em consideração o alto valor do desvio padrão, verificou-se que o atleta 4 apresentou alto índice de RR, o que elevou o valor da média encontrado entre os atletas. Nos estudos encontrados, houve redução de RR para a realização da tarefa cognitiva em relação à linha de base. Teixeira (2008) afirma que quando há preparação para alguma tarefa, o simpático é ativado, reduzindo valores de RR e da VFC.

Depois do esforço, o RR médio de linha de base foi de 616(ms), durante a atividade subiu para 633,13(ms) e depois da atividade, subiu para 656,25(ms). Este aumento gradativo de RR pode estar relacionado à recuperação do pós esforço, onde os valores tendem a subir a medida que a frequência cardíaca baixa seus valores. Os atletas 2 e 3 não elevaram RR na atividade cognitiva, o que pode se indicador de estresse ou fadiga para a demanda cognitiva da tarefa.

Estas oscilações de RR sofrem alterações que são moduladas pela respiração, estresse físico ou mental ou por distúrbios de saúde. Fronquetti, Nakamura, Aguiar, e Oliveira (2007) explicam que o RR pode ser influenciado por diversos fatores como ventilação pulmonar, termorregulação e atividade barorreflexa. E, ainda serve como um indicador não invasivo do SNA onde o ramo simpático aumenta a FC e o ramo parassimpático a diminui (Abad *et al.*, 2007).

Quanto maior a intensidade do esforço, menor a VFC e maior ativação do simpático logo após o exercício (Luft, Takase & Darby, 2009). Já em recuperação ao exercício há uma rápida reativação parassimpática logo nos primeiros segundos da recuperação, o que pode explicar o aumento nos índices de RR após o esforço.

Ao se analisar a transição entre a linha de base e o início da atividade cognitiva, verifica-se que há um aumento na média de RR para a preparação da tarefa cognitiva, os atletas 2 e 7. No último minuto de atividade e início da recuperação, houve uma queda de RR em relação ao minuto anterior, porém os atletas 2, 6, 7 e 8 não diminuíram este valor.

O SDNN é uma variável que representa a média do desvio padrão dos intervalos RR, ou seja quanto maior este valor maior a VFC (Fronquetti, Aguiar, Aguiar, Nakamura & Oliveira, 2007). Aubert, Seps e Beckers (2003) explicam que esta variável depende muito da duração da gravação dos dados e que valores de diferentes durações não deveriam ser comparados.

Está altamente relacionado com o componente de alta frequência, ou seja com a modulação vagal cardiovascular. Baixos índices desta variável indica sinais de cansaço ou estresse com maior atuação do sistema nervoso simpático (Malik, 1996). O valor médio dos atletas durante a linha

de base no pré exercício foi de 159,7(ms), durante a atividade cognitiva, subiu para 213,04(ms) e na recuperação baixou para 171,775(ms). Os atletas 3, 7 e 8 não elevaram estes valores para a grade de números em relação à linha de base e os atletas 2 e 5 elevaram SDNN na recuperação ao se comparar com a atividade cognitiva.

Estes achados sugerem que houve aumento da VFC durante a realização da tarefa. Nota-se que o atleta 7, que obteve o melhor desempenho, não aumentou a VFC para a realização da tarefa. Caldeira (2011) encontrou SDNN médio de linha de base de tenistas profissionais de 50,8(ms) e durante a atividade cognitiva de 57,6(ms). E, Cervantes *et al* (2008) encontrou uma média de SDNN em atletas de hóquei, em situação basal, sem treinamento de 155,50(ms) e em um dia depois de um treinamento intenso no período de preparação de 106,25(ms).

No pós exercício, na linha de base, o SDNN apresentou valores de 65,025(ms), em seguida subiu gradativamente em relação à grade de números e da grade de números em relação a recuperação, indicando maior VFC ao longo do tempo. Os atletas 2 e 5 não elevaram o SDNN na tarefa cognitiva em relação à linha de base e os atletas 1,3, 7 e 8 não elevaram SDNN na recuperação em relação à linha de base.

Em ambas as situações, tanto no pré esforço quanto no esforço, houve aumento da variável SDNN durante a execução da tarefa cognitiva em comparação com a base. Na segunda situação houve aumento deste índice gradativamente do início ao fim da tarefa. Há ativação desta variável para o início da atividade cognitiva em ambas as situações. Na segunda situação o índice chegou ao pico durante a realização da tarefa, indicando que houve demanda cognitiva. Luft, Takase e Darby, (2009) encontraram

correlação com SDNN e maior demanda cognitiva. Ou seja, baixo SDNN indica maior dificuldade na tarefa.

O RMSSD é a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os intervalos normais adjacentes determinado intervalo de tempo (Aubert, Seps & Beckers, 2003), que também serve como indicador da VFC e como marcador de comportamento vagal (Menezes et al., 2009). É um importante marcador utilizado por pesquisadores para detecção de fadiga por ser um método que não demanda altos custos, fácil e rápido de medir. Sendo que, valores mais baixos também podem ser sinal de emoções negativas.

Esta variável, no presente estudo, apresentou queda durante a realização da tarefa na primeira situação, ou seja a linha de base obteve uma média de 74,9(ms) enquanto durante a realização da tarefa foi para 62,31(ms). Na segunda situação, a linha de base foi de 23,93 enquanto durante a realização da tarefa a média foi de 27,65(ms). Esta variável obteve índices que aumentaram gradativamente do início ao fim da coleta. Para a ativação da tarefa, este valor aumentou no pré esforço e diminuiu no pós. Seu pico, na segunda situação, foi no último minuto da atividade cognitiva. Os atletas 3, 4 e 6 não reduziram estes valores para a realização da grade de números e os atletas 4, 6 e 8 não elevaram RMSSD na recuperação.

No pós exercício, houve um aumento gradativo deste índice, que iniciou-se com linha de base 23,94(ms), subiu na tarefa para 27, 65(ms) e subiu na recuperação para 31(ms). Os atletas 2, 4 e 5 não elevaram esta variável para a realização da tarefa e os atletas 1 e 3 não elevaram na recuperação. Teixeira (2008) realizou uma pesquisa com apenas um participante para verificar a VFC e o desempenho em um jogo de xadrez.

Porém, o mesmo justificou o fato de que há muitas jogadas na partida, sendo que o N a ser estudado foi alto. O mesmo sugere que baixo índice de VFC antes de iniciar a bateria cognitiva pode estar relacionada com ansiedade pré competitiva.

Em seu estudo de avaliação cognitiva em tenistas, Caldeira (2011) encontrou valores de RMSSD basal de 29,4(ms) e na atividade cognitiva de 28,8(ms). No estudo de Cervantes et al (2008), foi encontrado em atletas de hóquei em situações basais, uma média de 121(ms) enquanto no dia após uma sessão intensa de treinamento, o RMSSD foi de 83,38(ms). Seiler, Haugen e Kuffel (2007) verificaram valores para RMSSD pré treino em atletas altamente treinados na faixa etária de 23 anos de 103(ms). E, Mourou *et al.* (2004) em atletas treinados de 22 anos na posição ereta, encontraram uma média de 36,2(ms). Estas comparações entretanto, não podem ser tomadas como parâmetro pois dependem muito de indivíduo para indivíduo, tempo e tipo de treino, além da idade e sexo (Blásques, Font & Ortís, 2009).

O LF/HF caracteriza o domínio da frequência, indicando o predomínio de atividade simpática: é esperado que durante tarefas que envolvem funções executivas (como memória de trabalho) o valor desta razão seja baixo (Luft, Takase & Darby, 2009). No presente estudo, as médias obtidas no pré esforço foram de 6,442 para a linha de base e 5,84 para a grade cognitiva. Estes valores indicam que, mesmo na linha de base os atletas estavam com o sistema simpático ativado. Percebe-se que durante a atividade, houve uma queda desta variável, indicando que houve um leve aumento do SNP, porém o predomínio ainda foi do SNS.

Em situações de repouso, normalmente há predominância do SNP. Thayer *et al.* (2012) explicam que isto ocorre como meio de conservação de

energia. Acredita-se que uma predominância do SNS, nesta situação esteja relacionado à ansiedade, estresse ou ativação para a atividade que estava por vir. Os autores sugerem que diante de um fator adverso, o sistema nervoso central se prepara para lutar ou fugir, aumentando os níveis de acetilcolina e predominância do SNS.

Avaliando os atletas individualmente, verifica-se que 1, 5 e 4 elevaram estes valores durante a realização da grade de números indicando maior ativação do SNS. Sugere-se que houve estresse para a realização da tarefa, principalmente com o atleta 4, que obteve baixo desempenho. O estudo de Laborde, Brull., Weber e Anders (2011) constatou que, quanto maior esta variável mais estressado é o atleta.

No pós exercício, houve um aumento durante a realização da grade de números, indicando alta demanda cognitiva para a realização da tarefa, tendo em vista que, a tendência proporcionada para um pós esforço, é de que estes valores venham a reduzir-se, assim como o RR tende a aumentar. Os atletas 1, 4 e 6 reduziram este índice para a realização da tarefa cognitiva.

Constata-se então, que o LF/HF apresentou queda para a realização da tarefa no pré esforço, enquanto no pós esforço houve uma maior ativação do simpático para a realização da tarefa cognitiva em comparação com a linha de base. Patel, Lal, Kananagh e Rossiter (2011) sugerem que o aumento na banda LF/HF está relacionado com maior demanda mental ou estado de alerta. Os mesmos constataram em seu estudo, que a medida que este índice aumenta, há aumento de fadiga. Os autores sugerem um maior número de sujeitos para um banco de dados e montagem de protocolo, porém não se pode descartar que há muita diferença individual e biológica entre indivíduos.

Acredita-se que foi mais difícil a segunda tarefa por conta do cansaço do esforço físico para os atletas, pois tiveram que ativar mais a demanda mental para a realização das tarefas. Lembrando que apesar de não haver diferenças significativas, houve queda em todas as variáveis cognitivas na segunda situação. Ainda, esta variável apresentou alta correlação com a velocidade na execução da tarefa, ou seja quanto maior LF/HF, maior o tempo de realização da grade de números. Estudos de Pichot *et al.* (2000); Uusitalo, Uusitalo e Rusko (2000) e Bricout, DeChenaud e Junin (2010) demonstraram a mesma tendência, sugerindo que durante um período intenso de esforço físico há uma queda da atividade parassimpática e aumento da atividade simpática.

Os estudos de Luft, Takase e Darby (2009), encontraram menor ativação em relação a linha de base do LF/HF tanto na situação de pré quanto de pós esforço, o que difere com os achados do presente estudo, principalmente no pós esforço. Os mesmos sugerem que a memória de trabalho está mais relacionada com a ativação do córtex pré frontal e que este atua diretamente na regulação da banda HF. Laborde, Brull, Weber e Anders (2011) encontraram aumento na banda LF/HF em todos os participantes durante a manipulação emocional. Que representa um aumento na dominância do simpático e correlacionou com estresse. ou seja, os testes realizados foram estressores.

No estudo de Monte, Passig, Takase & Kuhnen (2011) sobre fadiga e tempo de reação em motoristas, a medida que a distância da viagem aumentava, o LF/HF diminuía e o tempo de reação aumentava. Portanto, a eficiência/desempenho na tarefa de dirigir também era prejudicada. Houve aumento de atividade parassimpática ao final da viagem e correlação de baixa LF/HF com baixo desempenho no tempo de reação. Mourot *et al*

(2004) relacionam a supressão na banda de frequência 0,1 Hz (arritmia sinusal) sob condições de demanda cognitiva de resolução de problemas e memória de trabalho. Ou seja, o sistema parassimpático tende a diminuir quando a demanda cognitiva é alta. A medida que a habilidade em resolver a tarefa cognitiva aumenta, há redução do simpático e aumento do parassimpático, os autores encontraram em seus estudos queda do tônus vagal em relação a linha de base durante a atividade cognitiva. Onde o tônus vagal declinou a medida que a demanda aumentou (baixou de 7,54 para 7,42).

A acurácia apresentou correlação com algumas variáveis da VFC no pré esforço, as principais foram SDNN e LF/HF. Enquanto a velocidade apresentou correlação com LF/HF depois do esforço. Cervantes *et al* (2008) em uma avaliação cognitiva com atletas de hóquei, que os parâmetros da VFC estão relacionados com a atividade parassimpática correlacionam-se significativamente com os índices cognitivos indicando que quanto maior a percepção de esforço, menor a VFC e a atividade vagal.

Sonderegger e Sauer (2009) sugerem que a banda de alta frequência está relacionada com demandas físicas, enquanto a baixa frequência está relacionada com demandas mentais assim como estresse mental. No estudo de Caldeira (2011) não foi encontrado diferenças significativas entre a VFC de linha de base e da avaliação cognitiva. Porém, houve maior VFC na linha de base em comparação com a atividade. Considerando predomínio vagal durante o repouso, o autor sugere que a situação da atividade cognitiva tenha sido estressante.

D2 caracteriza-se como um indicador relacionado a análise não linear, representando a adaptação do organismo ao ambiente (Liao, Garrison & Jan, 2010). É uma análise não linear de dimensão de correlação,

ou seja suas medidas são estáticas e não fornecem informações ao longo do tempo, por isto também é chamado de média espacial. Existem poucos estudos que correlacionam o D2 com as emoções, porém Behnia, Akhshani, Mahmodi e Hobbenagi (2008) correlacionam baixos valores de D2 com a incapacidade de um individuo lidar com sistemas complexos ou mudanças inesperadas.

No presente estudo, obteve-se uma média de 2,81 para a linha de base no pré esforço. Durante a atividade cognitiva este número baixou para 2,7 enquanto na recuperação, subiu para 3,168 o que indica boa capacidade para enfrentamento desta situação. Na segunda situação (no pós esforço), este índice aumentou gradativamente, do inicio ao fim da coleta.

Este comportamento também foi encontrado na ativação da tarefa, no primeiro minuto entre o inicio da tarefa e a tarefa em si. Enquanto isto, no ultimo minuto da tarefa, houve queda neste índice na primeira situação e aumento na segunda. Caldeira (2011) encontrou D2 de 2,372 para a base e 2,996 para a atividade cognitiva.

Um estudo de Behnia, Akhshani, Mahmodi e Hobbenagi (2008) para análise do D2 e encontraram valores de 3,15 para indivíduos saudáveis, 2,72 para indivíduos com problemas de contração ventricular prematura, 2,44 para indivíduos com fibrilação ventricular e de 2,03 para indivíduos com problemas de fibrilação atrial. Os autores sugerem que indivíduos saudáveis apresentam valores acima de 3. Entretanto, estes valores podem modificar em diferentes situações.

CONCLUSÃO

- Verificou-se que não houve diferenças significativas no desempenho cognitivo ao se comparar com antes e depois do exercício, apesar de apresentar quedas na acurácia, queda no tempo e na estabilidade para realização da grade de números no pós esforço;
- Verificou-se que houve diferenças significativas na VFC antes e depois do esforço máximo, nas seguintes variáveis: R-R, FC, RMSSD, SD1 e D2;
- Verificou-se que houve correlação média entre algumas variáveis da VFC e desempenho cognitivo, sendo que a acurácia apresentou correlação negativa com R-R, SDNN, LH, LF/HF, SD2 e D2 no pré esforço. A velocidade apresentou correlação com R-R e LF/HF no pós esforço e a estabilidade não apresentou correlações.
- Acredita-se que há necessidade de um estudo que acompanhe atletas individualmente durante todo o período da preparação física, para fins de obtenção de perfil e detecção de alguma alteração no padrão psicofisiológico do atleta;
- Sugere-se que há necessidade da criação de um banco de dados para comparação de perfis e identificação do perfil do atleta de tênis. Isto porque um grande banco de dados auxilia na comparação do atleta individualmente com o grande grupo. Porém o protocolo deve ser aplicado individualmente para que a intervenção seja feita de forma específica. Verificar o ponto a ser analisado para intervenção (na preparação para a atividade,

e na recuperação da atividade, ou seja nos pontos 4 e 7 das tabelas das variáveis da VFC).

REFERÊNCIAS

- Abad, C. C. C.; Barros, R. V.; Oliveira, F. R.; Lima, J. R. P.; Pereira, B.; & Kiss, M. A. P.D.M. (2007). O segundo platô da variabilidade da frequência cardíaca indica o segundo limiar de transição fisiológica? *Revista Digital Buenos Aires* – Año 12 N 144.
- Åhs, F, Sollers III, J. J., Furmark, T., Fredrikson, M., & Thayer, J. F. (2009). High-frequency heart rate variability and cortico-striatal activity in men and women with social phobia. *NeuroImage*, 47, 815_820.
- Aguiar, C.; Moiteiro, A. R.; Correia, N.; & Pimentel, J. S. (2011). Desenhos de Investigação de sujeito único em educação especial. *Análise Psicológica*. Vol. 29, n.1.
- Apor, P., Petrekanich, M., & Szamado, J. (2009). [Heart rate variability analysis in sports]. *Orv Hetil*, 150(18), 847-853.
- Aubert, A., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart Rate Variability in Athletes. *Sports Med* 33(12) 889-919.
- Banhato, E. F. C. & Nascimento, E. (2007). Função executiva em idosos: um estudo utilizando subtestes da Escala WAIS-III. *Psico-USF*, 12,(1), 65-73.
- Bara Filho, M. G.; Nogueira, R. A.; Andrade, F. C.; Fernandes, J. L & Ferreira, C. (2010) Adaptação e validação da versão Brasileira do questionário de overtraining. *HU Revista*, v36. n1.
- Barbetta, P. A. (2002). *Estatística aplicada às ciências sociais*. (5ed). Rev.Ampl. Florianópolis: UFSC. 340p.
- Barbosa, D. F.; Prada, F. J. A.; Glanner, M. F.; Nóbrega, O.; & Cordova, C. (2010). Resposta Cardiovascular ao Stroop: Comparação entre Teste Computadorizado e Verbal. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. N.4
- Baumert, M., Brechtel, L., Lock, J., Hermsdorf, M., Wolff, R., Baier, V., et al. (2006). Heart rate variability, blood pressure variability, and baroreflex sensitivity in overtrained athletes. *Clin J Sport Med*, 16(5), 412-417.

- Barwik, F., Arnett, P., & Slobounov, S. (2011). EEG correlates fatigue during administrations of a neuropsychological test. *Clinical Neurophysiology*.
- Behnia, S.; Akhshani, A.; Mahmodi, H.; Hobbenagi, H. (2008). Nonlinear Measure of ECG Time Series: Detection of Cardiac Diseases. *Iranian Physical Journal*, 2-1, 53-62.
- Bergeron, M.F. (2003). *Heat cramps: Fluid and electrolyte challenges during tennis in the heat*. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v.6, n.1, p.19-2.
- Bertolassi, M, A. (2007). *Efeito da fadiga sobre latência e acuracia de respostas motoras a estímulos visuais*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo.
- Blásquez, J. C. C.; Font, G. R.; & Ortís, L. C. (2009). Heart rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema*. Vol 21, n4, pp. 531-536.
- Blumenstein, B.; & Bar-Eli, M. Tenenbaum, G. *Biofeedback applications in performance enhancement: brain and body in sport and exercise*. John Wiley & Sons, Ltda.: New York, 2002.
- Bompa, T. O. (2002). *Periodização: Teoria e metodologia do treinamento*. 1 ed. Editora Phorte Ltda. São Paulo SP.
- Bosquet, L., Papelier, Y., Leger, L., & Legros, P. (2003). Night heart rate variability during overtraining in male endurance athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 43(4), 506-512.
- Brandt, R., Viana, M. S., Segato, L., & Andrade, A. (2010). Estados de humor de velejadores durante o Pré-Panamericano. *Motriz* 16(4). 8834-840.
- Bricout, V. A., Charrier, I., & Favre-Juvin, A. (2007). Use of the fatigue questionnaire (QFES) in child athletes for individual follow-up: two cases. *Ann Readapt Med Phys*, 50(8), 690-694, 685-699.
- Brunetto, A. F.; Roseguini, B. T.; Silva, B. M.; Hirai, D. M.; Ronque, E. V.; & Guedes, D. P. (2008) Limiar de Variabilidade da Frequência Cardíaca

em Adolescentes Obesos e Não Obesos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 14(2).

Budgett, R. (1998). Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome. *Br J Sports Med*, 32(2), 107-110.

Budgett, R.; Newsholme, E.; Lehman, M.; Sharp, C.; Jones, D.; Peto, D.; Collins, D.; Nerurkar, R.; & White, P. (2000). Redefining the overtraining syndrome as the unexplained underperformance syndrome. *BR F Sports Med*, 34:67-68.

Caird, S., McKenzie, A. & Sleivert, G. (1999). Biofeedback and relaxation techniques improve running economy in sub-elite long distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5):717-722.

Caldeira, A.; M. (2011). *Desempenho Cognitivo e Variabilidade da Frequência Cardíaca de Tenistas Profissionais*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina.

Caliento, J. (2008). *Indiano conquista medalha de ouro nas Olimpíadas com a ajuda do Biofeedback*. Instituto de neuropsicologia e Biofeedback. – novidades. Disponível em: <http://www.inbio.com.br/NewInbio/Novidades/NVDetalhe.asp?CodNov=53>

Capovilla, A. G. S., Assef, E. C. S., & Cozza, H.F.P. (2007). *Avaliação Neuropsicológica das Funções Executivas e Relação com Desatenção e Hiperatividade*. *Avaliação Psicológica*, 6(1), 51-60.

Carvalho, L. Z. (2006). *Efeitos da Desidratação no desempenho cognitivo de atletas de futebol*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Casado - Luque, A.; Zabala, M.; Morales, E.; March-Mateo, M.; & Sanabria, D. (2013) Cognitive Performance and Heart Rate Variability: The Influence of Fitness Level. *Plos One* 8(2).

Cervantes, J. C., Floriti, D., Parrado, E., Rodas, G., & Capdevila, L. (2009). Evaluación fisiológica y cognitiva del proceso de estrés-recuperación en la prepa*ración pre-olímpica de deportistas de elite. *CDD* 5(5) 111-117.

- Chan, R. C. K.; Shum, D.; Toulopoulou, T.; & Chen E. Y. H. (2008) Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Archives of Clinical Neuropsychology* 23: 201–216.
- Clemente, V. J. (2010). Fatiga del sistema nervioso despues de una prueba de contrarreloj de 30' en cicloergometro en ciclistas juvenes. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 25, 197-206.
- Coolican, H. (2004). *Research Methods and Statistics in Psychology*. (4 ed). London: Bookpoint Ltd.
- Cruz, W.M. *Estresse e recuperação de atletas de futebol de alto rendimento em treinamento*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2009.
- Dietrich, A. (2004). Neurocognitive mechanisms underlying the experience of flow. *Counsciousness and Cognition*, 13, 746-761.
- Douglas, C. R. (2000). *Tratado de fisiologia aplicada às ciências médicas*. 4.ed. São Paulo, Robe editorial.
- Dupuy, O.; Renaud, M.; Breher, L.; & Bosquet, L. (2010). Effect of Functional Overreaching on Executive Functions. *Int. Sports. Med*.
- Enoka R. M.; & Stuart D. G. (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol* 72, 1631–1648.
- Fairclough, S. H., Venables, L., & Tattersall, A. (2005). The influence of task demand and learning on the psychophysiological response. *International Journal of Psychophysiology*, 56(2), 171-184.
- Filgueiras, A. (2010). Abordagem neuropsicológica dos processos de orientação da atenção visuo-espacial e manutenção da concentração em atletas sub 23 de futebol de campo. *Ciências e Cognição*. 15(2). 142-154.
- Filgueira, F. M; & Grego, P. J. (2008). Futebol: um estudo sobre a capacidade tática no processo de ensino-aprendizagem-treinamento. *Revista Brasileira de Futebol*, – Dez; 01 (2): 53 – 65.

- Fogt, D., Kalns, J., & Michael, D. (2010). A Comparison of Cognitive Performance Decreases During Acute, Progressive Fatigue Arising From Different Concurrent Stressors. *Military Medicine*, 175 (12)..
- Fowles, J. R. (2006). Technical issues in quantifying low-frequency fatigue in athletes. *Int J Sports Physiol Perform*, 1(2), 169-171.
- Foza, V. (2005). *O Efeito do Biofeedback na Atenção Visual Seletiva de Atletas Juvenis de Futebol de Campo*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Freitas, D.S; Miranda, R; & Filho, M.B. (2009). Marcadores psicológico. Fisiológico e bioquímico para determinação dos efeitos da carga de treino e do overtraining. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. 11(4):457-465.
- Friedman, B. H. (2007). An autonomic flexibility–neurovisceral integration model of anxiety and cardiac vagal tone. *Biological Psychology*, v.74, n.2, p.185-199.
- Friedman, B.H.; & Thayer, J. F. (1998). Anxiety and autonomic flexibility: a cardiovascular approach. *Biological Psychology*, v.47, n.3, p.243-263.
- Fronquetti, L.; Nakamura, F.; Aguiar, C.; & Oliveira, F. (2006). Indicadores de regulação autonômica cardíaca em repouso e durante exercício progressivo. Aplicação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Rev. Portuguesa de Ciências Desportivas* 6(1) 21 – 28.
- Garrett, Jr., & Kirkendall, D. (2003). *A ciência do exercício e do esporte*. Porto Alegre: Artmed.
- Gast, D. L. (2010). *Applied research in education and behavioral sciences*. In D. L. (Ed.), *Single Subject research methodology in behavioral sciences*. Pp2-19. New Yourk: Routlege.
- Gazzinga, M. S.; & Heatheron, T. F. (2005). *Ciência psicológica: mente, cérebro e comportamento*. Artes Médica: Porto Alegre.

- Gil, A.C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Ed. Atlas.
- Godoy, M., Takakura, I., & Correa, P. (2005). Relevância da análise do comportamento dinâmico não linear (Teoria do Caos) como elemento prognóstico de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. *Arq. Cienc. Saúde*, 12(4), 167-171.
- Greene, C.M., Braet, W., Johnson, K.A., & Bellgrove, M.A. (2007). Imaging the genetics of executive function. *Biological Psychology*, 1-37.
- Hagemann, D., Waldstein, S. R., & Thayer, J. F. (2003). Central and autonomic nervous system integration in emotion. *Brain and Cognition*, 52, 79-87.
- Hansen, A. L., Johnsen, B. H., Sollers, J. J., Stenvik, K., & Thayer, J. F. (2004). Heart rate variability and its relation to prefrontal cognitive function: the effects of training and detraining. *Eur J Appl Physiol*, 93(3), 263-272.
- Hansen, A. L., Johnsen, B. H., & Thayer, J. F. (2003). Vagal influence on working memory and attention. *Int J Psychophysiol*, 48(3), 263-274.
- Hansen, A. L., Johnsen, B. H., Thornton, D., Waage, L., & Thayer, J. F. (2007). Facets of psychopathy, heart rate variability and cognitive function. *J Personal Disord*, 21(5), 568-582.
- Hartmann, U., & Mester J. (2000). Training and overtraining markers In selected sport events. *McdSciSportEsxerc*; 32: 209-215.
- Hynynen, E., Uusitalo, A., Konttinen, N., & Rusko, H. (2008). Cardiac autonomic responses to standing up and cognitive task in overtrained athletes. *Int J Sports Med*, 29(7), 552-558.
- Jacomini, L. C. L., & Silva, N. A (2007). Disautonomia: um conceito emergente na síndrome da fibromialgia. *Revista Brasileira de Reumatologia*, 47(5), São Paulo, Set./Out.

- Joanette, Y., Ansaldo, A I., Parente, M. A M. P., Fonseca, R. P., Kristensen, C. H., & Scherer, L. C. (2008). Neuroimaging investigation of executive functions: evidence from fNIRS. *Psico*, 39(3),267-274, jul./set.
- Kawaguchi, L. Y A., Nascimento, A C.P., Lima, M. S., Frigo, L., Júnior, A R P., Tierra-Criollo, C. J., & Lopes-Martins, R. A B. (2007). Caracterização da variabilidade de frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, (13) 4, Niterói, jul./ago.
- Killgore, W. D. S.; Grugle, N. L.; Reichardt, R. M.; Killgore, D. B.; & Balkin, T. J. (2009). Executive functions and the ability to sustain vigilance during sleep loss. *Aviat. Space Environ Med.* 80:81-7.
- Kingsley, M., Lewis, M.J., & Marson, R.E. (2005). Comparison of Polar 810s and an ambulatory ECG system for RR interval measurement during progressive exercise. *International Journal of Sports Medicine*. 26, 39-44.
- Koelsch, S.; Enge, J.; & Jentschke, S. (2012). Cardiac Signatures of Personality. *PLoS One*, vol.7 n.2.
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2002). *Neurociência do Comportamento*. São Paulo: Manole.
- Korobeynikov, G., Rossokha, G., Koniaeva, L., Medvedchuk, K., & Kulinich, I. (2006). Psychophysiological diagnostics of functional states in sports medicine. *Bratisl Lek Listy*, 107(5), 205-209.
- Kovacs, M.S. (2007)Tennis physiology: Training the competitive athlete. *Sports Medicine* 37(3), 189-198.
- Kraemer, W., Hakkinen, K., McBride, T., Fry, A., Koziris, P., Ratamess, N., et al. (2002). Physiological Changes with Periodized Resistance Training in Women Tennis Players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 157-168.
- Kube, L. C. (2010) Fisiologia da Fadiga, suas Implicações na Saúde do Aviador e na Segurança na Aviação. *Conexão SIPAER*, vol2 n.1.

- Laborde, S.; Brull., A.; Weber, J.; & Anders, L. (2011). Trait emocional intelligence in sports: A protective role against stress through heart rate variability? *Personality and Individual Differences*. (51) 23-27.
- Lacatos, E., & Marconi, A. (1991). *Metodologia Cientifica*. São Paulo: Atlas.
- Lagos, L.; Vaschillo, E.; Vaschillo, B.; Lehrer, P.; Bates, M.; & Pandina, R. (2008). Heart Rate Variability Biofeedback as a Strategy for Dealing with Competitive Anxiety: A Case Study. *Association for Applied Psychophysiology & Biofeedback*. Volume 36, issue, PP. 109-115.
- Lavine, R. A., Sibert, J. L., Gokturk, M., & Dickens, B. (2002). Eye-tracking measures and human performance in a vigilance task. *Aviat Space Environ Med*, 73(4), 367-372.
- Lehmann, M., Foster, C., Dickhut, H., & Gastamsnn, U. (1998). Autonomic imbalance hypotheses and overtraining syndrome. *Med Sci Sports*. V.30. 1140-1145.
- Levy, W.C.; Cerqueira, M. D.; Harp, G. D.; Johannessen, K. A.; Abrass, I. B.; Shwartz, R. S.; & Stratton, J. R. (1998). Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young and older man. *American Journal of Cardiology*. 82(10)1236-1241.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., & Loring, D. W. (2004). *Neuropsychological Assessment*. New York: Oxford University Press.
- Liao, F., Garrison, D. W., & Jan, Y-K. (2010). Relationship between nonlinear properties of sacral skin blood flow oscillations and vasodilatory function in people at risk for pressure ulcers. *Microvascular Research*, 80, 44-53.
- Luft, C. D., Takase, E., & Darby, D. (2009). Heart rate variability and cognitive function: effects of physical effort. *Biol Psychol*, 82(2), 196-201.
- Luque – Casado, A; Zabala, M; Mateo – March, M; Sanabria, D. (2013). Cognitive Performance and Heart Rate Variability: The Influence of Fitness Level. *PLos ONE* 8(2).

- Lussac, R. M. P. (2008). Os Princípios do Treinamento Esportivo: Conceitos, Definições, Possíveis Aplicações e um Possível Novo Olhar. *Revista Digital* - Buenos Aires, Ano 13, n.121.
- Machado, A. (2000). *Neuroanatomia funcional*. (2ed). São Paulo. Atheneu.
- Mafuz, A. (2006). *O estudo do comportamento do sistema nervoso autônomo através da análise da variabilidade cardíaca em pilotos de helicóptero do grupamento de radiopatrulha aérea de São Paulo*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Vale de Paraíba.
- Majer, M.; Welberg, L. A. M.; Capuron, L.; Miller, A. H.; Pagnoni, G.; & Reeves, W. (2008). Neuropsychological Performance in Persons With Chronic Fatigue Syndrome: Results from a Population-Based Study. *Psychosomatic Medicine*. 70:1-1.
- Malik, M. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology (Membership of the Task Force listed in the Appendix). *European Heart Journal*. 17, 354-381.
- Margonis, K., Fatouros, I., Jamurtas, A., Nikolaidis, M., Douroudus, I., & Chatzinikolaou, A. (2007). Oxidative stress biomarkers responses to physical overtraining: Implications for diagnosis. *Free Radical Biology and Medicine*. 43(6), 901-910.
- Martins, P. (2008). *Relação entre a fadiga e a performance técnica e tática em futebol*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto.
- Matias, C. J., & Greco, P. J. (2010). Cognição & ação nos jogos esportivos coletivos. *Ciências & Cognição*. 15(1), 252-271.
- Matlin, M. W. (2004). *Psicologia Cognitiva*. (5ed). Rio de Janeiro: LTC.
- McCabe D. P.; Roediger, H. L.; McDaniel, M. A.; Balota, D. A.; & Hambrik, D. Z. (2010). The Relationship Between Working Memory Capacity and Executive Functioning: Evidence for a Common Executive Attention Construct. *Neuropsychology*, v.24, n.2, p.222-243,

- Meeusen, R., Nederhof, E., Buyse, L., Roelands, B., De Schutter, G., & Piacentini, M. F. (2008). Diagnosing overtraining in athletes using the two bout exercise protocol. *Br J Sports Med*.
- Menezes P. R; Simão, R.; Marques-Neto, S. R.; Fonseca, R. S.; Rezende, A.; & Maior, S. A. (2009). Resposta Autonômica Cardíaca e Cardiorrespiratória em Atletas de Voleibol Versus Indivíduos Treinados. *Rev SOCERJ*. 2009;22(4): 235-242.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex frontal “lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49–100.
- Miyimoto, N. T. (2010). *Latência de respostas motoras a estímulos visuais em situações de estresse*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2010.
- Monte, A. A. M.; Passig, J.; Takase, E.; Kuhnen, A. (2011). Ambientes restauradores no trânsito: variabilidade da frequência cardíaca e tempo de reação. *Revista de Ciências Humanas – Florianópolis*, Volume 45, n 1.
- Morris, M. E; Summers, J. J; Matyas, T. A; & Ianseck, R., (1994). Current Status of the Motor Program. *Physical Therapy*, 74(8).
- Mourot, L.; Bouhaddi, M.; Perrey, S.; Cappelle, S.; Henriët, M. T.; Wolf, J. P.; Rouillion, J. D.; & Regnard, J. (2004). Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincaré plot analysis. *Clin Physiol Imaging*. 24, 10-18.
- Nadal, R.; Carlin, J. *Rafa: Minha História*. (2011). Rio de Janeiro: Sextante.
- Napadow, V., Dhond, R., Conti, G., Makris, N., Brown, E. N., & Barbieri, R. (2008). Brain correlates of autonomic modulation: Combining heart rate variability with fMRI. *NeuroImage*, 42.
- Nederhof, E., Lemmink, K. A., Visscher, C., Meeusen, R., & Mulder, T. (2006). Psychomotor speed: possibly a new marker for overtraining syndrome. *Sports Med*, 36(10), 817-828.

- Nederhof, E., Zwerver, J., Brink, M., Meeusen, R., & Lemmink, K. (2008). Different diagnostic tools in nonfunctional overreaching. *Int J Sports Med*, 29(7), 590-597.
- Niskanen, J., Tarvainen, O., Ranta-Aho, P., & Karkajalainen, A. (2002). Software for Advanced HRV Analysis. *Applied Physics Report Series*. Issn 0788-4672. Report 2. 01-11.
- Patel, M.; Lal, S. K. L.; Kananagh, D.; Rossiter, P. (2011). Applying Neural network analysis on heart rate variability to assess driver fatigue. *Expert Systems with Applications*. 38.
- Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J.M., Enolras, F., Antoniadis, A., Minimi, P., Costes, F., Busso, T., Lacour, J.R. & Barthelemy, J.C. (2000). Relation between heart rate variability and training load in middle distance runners. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 32, 1729-1736.
- Puzanovova, M., Arbogast, P. G., Smith, C. A., Anderson, J., Diedrich, A., & Walker, L. S. (2009). Autonomic activity and somatic symptoms in response to success vs. failure on a cognitive task: A comparison of chronic abdominal pain patients and well children. *Journal of Psychosomatic Research*, 67.
- Rietjens, G. J., Kuipers, H., Adam, J. J., Saris, W. H., van Breda, E., van Hamont, D., et al. (2005). Physiological, biochemical and psychological markers of strenuous training-induced fatigue. *Int J Sports Med*, 26(1), 16-26.
- Rohlf, I. C. P. M., Carvalho, T. D., Rotta, T. M., & Krebs, R. J. (2004). Application of mood states validation instruments in the detection of the overtraining syndrome. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 10(3), 117-121.
- Rohlf, I. C. P. M., Mara, L. S. D., Lima, W. C., & Carvalho, T. D. (2005). Relação da Síndrome do Excesso de Treinamento com estresse, fadiga e serotonina. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11(6), 367-372.
- Rohlf, I. C. P. M., Rotta, T. M., Luft, C. D. B., Andrade, A., Krebs, R. J., & Carvalho, T. D. (2008). A Escala de Humor de Brunel (Brums): Instrumento para Detecção Precoce da Síndrome do Excesso de Treinamento. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 176-181.

- Roque, J. M. A. (2009). *Variabilidade da Frequência Cardíaca*. Seminário Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.
- Rosa, de La (2001). *Treinamento Esportivo, Carga e Planejamento*. Phorte, São Paulo.
- Rosa e Silva, A C. J. S., & Silva de Sá, M. F. (2006). Efeitos dos esteróides sexuais sobre o humor e a cognição. *Revista de Psiquiatria Clínica*, 33(2), São Paulo.
- Saboya, E.; Franco, C. A.; & Mattos, P. (2002). Relações entre processos cognitivos nas funções executivas. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 51(2), 91-100.
- Salgado, J. F. (1998). Big Five personality dimensions and job performance in army and civil occupations: a European perspective. *Hum Perform* 11:271–288
- Sanfey, G.A. (2007). Decision Neuroscience. New directions in studies of judgment and decision making. *Curr. Directions Psychological Sci.*, 16 (3), 151-155.
- Seiler, S.; Haugen, O.; & Kuffel, E (2007). Autonomic Recovery after Exercise in Trained Athletes: Intensity and Duration Effects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.
- Sonderegger, A.; & Sauer, J. (2009). The Influence of laboratory set-up usability tests: effects on user performance, subjective ratings and physiological measures. *Ergonomics* 52(11).
- Suetake, N.; Morita, Y.; Suzuki, D.; Lee, K.; & Kabayashi, H. (2010). Evaluation of autonomic nervous system by heart rate variability and differential count of leukocytes in athletes. *Health 2* - 1191-1198.
- Sutarto, A.P; Wahab, M.N.A; & Zin, N.M. (2010). Heart Rate Variability (HRV) biofeedback: A new training approach for operator's performance enhancement. *Journal of Industrial Engineering and Manegment. JIEM*, – 3(1): 176-198.

- Tanis, C. (2008). *The Effects of Heart Rhythm Variability Biofeedback with Emotional Regulation on the Athletic Performance of Women Collegiate Volleyball Players*. Dissertation for the Degree Doctor. Capella University.
- Tarvainen, M. P.; Niskanen, J. P.; Lipponen, J. A.; Perttu, O. R.; & Karjalainen, P. A. (2013). Kubios HRV – Heart rate variability analysis software. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* - 3630
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, v.17, p.354-381, 1996.
- Thayer, J. f.; Ahs, F.; Fredrikson, M.; Sollers III, J. J.; & Wager, T.D. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health. (2012) *Neuroscience and Behavioral Reviews* 36.
- Thayer, J. F.; Hansen, A. L.; Saus-Rose, E.; & Johnsen, B. H.; (2009). Heart Rate Variability, Prefrontal Neural Function, and Cognitive Performance: The Neurovisceral Integration Perspective os Self-regulation, Adaption, and Health. *Ann. Behav. Med.* 37.
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *J Affect Disord*, 61(3), 201-216.
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2009). Claude Bernard and the heart-brain connection: Further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neurosci Biobehav Rev*, 33(2), 81-88.
- Thayer, J. F., & Ruiz-Padial, E. (2006). Neurovisceral integration, emotions and health: An update. *International Congress Series*, 1287, 122_127.
- Teixeira. L. B. (2008). *Frequência cardíaca, variabilidade da frequência cardíaca e o desempenho em uma partida de xadrez*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação de Psicologia da UFSC.
- Uusitalo, A. L., Uusitalo, A. J., & Rusko, H. K. (2000). Heart rate and

blood pressure variability during heavy training and overtraining in the female athlete. *Int. J. Sports Med.* 21, 45–53.

- Vanderlei, L.C.M., Silva, R.A., Pastre, C.M., Azevedo, F.M., & Godoy, M.F. (2009). Noções básicas da variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 24(2). 205-217.
- Velasco, S. M.; Mijares, G. M.; & Tomanari, G. Y. (2010). Fundamentos Metodológicos da Pesquisa em Análise Experimental do Comportamento. *Psicologia em Pesquisa.*4(02). 150-155.
- Ventura, M. M.; (2007). O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa. *Rev SOCERJ.* 20(5).
- Wager, T. D., & Smith, E. E. (2003). Neuroimaging studies of working memory: a metaanalysis. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 3(4), 255-274.
- Wilmore, J. H.; & Costill, D. L. (2002). *Fisiologia do Esporte e do Exercício*. São Paulo, Manole.
- Yarrow, K., Brown, P., & Krakauer, J. (2009). Inside the brain of an elite athlete: the neural process that support high achievement in sport. *Nature reviews, Neuroscience.* (10). 585-596.
- Yogev, G., Hausdorff, M. J., & Giladi, N. (2008). The Role of Executive Function and Attention in Gait. *Mov Disord.* 23(3). 329-472.
- Zanstra, Y., Schellekens, J. M. H., Schaap, C., & Kooistra, L. (2006). Vagal and Sympathetic Activity in Burnouts During a Mentally Demanding Workday. *Psychosomatic Medicine.* 68. 583-590.
- Zuttin, R.S., Moreno, M.A., César, M.C., Martins, L.E.B., Catai, A. M., & Silva, E. (2008). Avaliação da modulação autonômica da frequência cardíaca nas posturas supina e sentada de homens jovens sedentários. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 12 (1), 07-12.

APÊNDICE

QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DOS ATLETAS DE TÊNIS

Instruções para o preenchimento

- a) Procure não deixar questões em branco. Para cada item das questões, você deve optar por apenas uma alternativa.
- b) Seja totalmente honesto em suas respostas, pois disso dependem os bons resultados e as corretas conclusões.

CARACTERIZAÇÃO DO ATLETA

Nome Completo:

Data de nasc. __/__/____

Naturalidade _____ Idade ____ Estatura _____

É atleta há quantos anos? _____

Local de
treinamento _____

Treina quantas vezes por semana? _____

Você exerce alguma outra profissão além de atleta profissional?

Sim Não

Qual? _____

Nível de escolaridade: 1º Grau; 2º Grau; 3º Grau

O Nível de escolaridade assinalado acima é completo? sim Não

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

Laboratório de Educação Cerebral – Centro de Desportos

Programa de Pós Graduação em Psicologia

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TÍTULO DA PESQUISA: EFEITO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM TESTE COGNITIVO APÓS TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO EM TENISTAS

Você está sendo convidado a participar de um estudo para avaliar sua caracterização sócio-demográfica, condição geral de saúde, e o efeito da variabilidade da frequência cardíaca sobre teste cognitivo após teste de esforço máximo.

Você tem a livre escolha de participar desta pesquisa.

A sua identidade será totalmente preservada, você não será identificado. Neste estudo cada participante será identificado apenas por um código numérico.

Solicitamos a vossa autorização para o uso das informações estritamente para a produção de textos científicos e relatórios objetivando informar-lhe sobre os resultados de seu interesse e uso.

AGRADECEMOS A VOSSA PARTICIPAÇÃO E COLABORAÇÃO
Joana Bastos Matos

Telefone para contato: (48) 99630546

TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos desta pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todas as minhas informações e os conteúdos da entrevista serão utilizados de maneira sigilosa apenas para fins científicos.

Declaro que fui informado e que posso me retirar do estudo a qualquer momento, se assim desejar.

Nome por extenso _____

Assinatura _____

FLORIANÓPOLIS: __/__/____

