



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE

BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS, BIOQUÍMICAS E AUTONÔMICAS DE NADADORES
SUBMETIDOS A DOIS MODELOS DE TREINAMENTOS EM NADO ATADO COM
CARGA EQUIPARADA**

Candidato: João Paulo Loures

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Papoti

Fevereiro/2014





PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE

BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS, BIOQUÍMICAS E AUTONÔMICAS DE NADADORES
SUBMETIDOS A DOIS MODELOS DE TREINAMENTOS EM NADO ATADO COM
CARGA EQUIPARADA**

Dissertação apresentada Universidade Estadual “Julio Mesquita Filho” - Instituto De Biociências Rio Claro, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências da Motricidade.

Candidato: João Paulo Loures

Orientador: Prof.Dr. Marcelo Papoti

Fevereiro/2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Loures, João Paulo.

Respostas Fisiológicas, Bioquímicas E Autonômicas De Nadadores Submetidos A Três Modelos De Treinamentos Em Nado Atado Com Carga Equiparada/ João Paulo Loures. – Rio Claro: [s.n.], 2014

140f.: figs,grafs.,tabs, quadros

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, “Julio Mesquita Filho”- Campus Rio Claro

Orientador:

1. Nado atado. 2. Impulso do treinamento (TRIMP). 3. Variabilidade da frequência cardíaca. 4. Zonas de treinamento. I. Papoti, Marcelo II. Universidade Estadual Paulista, “Julio Mesquita Filho”- Campus Rio Claro. III. Respostas Fisiológicas, Bioquímicas E Autonômicas De Nadadores Submetidos A Três Modelos De Treinamentos Em Nado Atado Com Carga Equiparada



unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO



BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Papoti
(orientador)

Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto
(Unesp - Rio Claro)

Prof. Dr. Enrico Fuini Puggina
(USP/Ribeirão Preto)

João Paulo Loures

Rio Claro (SP) 17 de fevereiro de 2014

Resultado:_____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho as pessoas mais importantes da minha vida, meu pai João Manoel Loures, minha mãe Ecleia Loures e meus irmãos João Victor Loures e João Manoel Loures Junior, minha tia Roseli da Rocha Loures e minha namorada Cristiane Gorte Starcke que foram determinantes para eu chegasse ate aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me abençoado durante todas as etapas da minha vida, por ter me dado força nos momentos mais difíceis, por ter me guiado e ter colocado verdadeiros anjos ao meu redor.

Ao professor doutor Marcelo Papoti, muito obrigado pela oportunidade, paciência, pela confiança depositada em mim, sem dúvida um grande exemplo não somente profissionalmente, mas também como homem, uma educação e respeito impar até nos momentos mais difíceis, meus sinceros agradecimentos.

Agradeço ao meu pai, pois durante o tempo que morei fora nos tornamos grandes amigos, ele me ensinou muitas vezes a ter paciência, saber esperar o tempo certo das coisas. Agradeço pela paciência pelos diversos telefonemas os quais eu passava horas chorando e ele me deu força e incentivo de continuar a buscar os meus sonhos. É uma grande honra ser seu filho, você é um grande exemplo de pai, esposo e amigo. Agradeço à senhora Ecléia como eu a sempre chamo, minha querida mãezinha, obrigado pela paciência, muitos conselhos e por estar sempre do meu lado sempre.

Aos meus irmãos Victor, Junior e a minha tia Rose pelo apoio, compreensão e incentivo, vocês contribuíram significativamente para conclusão de mais uma etapa da minha vida.

A minha namorada Cristiane Gorte Starcke pela paciência em primeiro lugar, pela compreensão, apoio em todas as minhas decisões, muito obrigado por estar ao meu lado, obrigado por fazer parte deste momento.

Aos meus sogros (Nelson e Celma Gorte Starcke) pelo apoio, compreensão e confiança. Não poderia deixar de fazer um agradecimento especial para minha sogrinha, uma segunda mãe sem dúvida, que muitas vezes estava mais empolgada que eu com muitas situações, me incentivando em todos os momentos, e pela extrema confiança em que eu venceria todas as batalhas.

Aos meus queridos amigos, obrigado por compartilhar comigo momentos difíceis e os bons também, vocês são muito importantes Carlos Maurício Zaremba (Zab), Guilherme Vinícius Zaremba (Gui), Carlos Maciel Endler Lima (Carlinhos), Alexandre Horie (Horimel), Cassiano Schultz Garcia da Luz (Schultão), Cassiano Moro Piekarski (Cassimel), Eduardo Inglês Machado (Dudu), Bruno Henrique de Oliveira

(bruninho), Bruno Remus Malaquias (Brunão), Lucas Antonio Bueno Vieira (Lucão), e Vanessa Holtz Franco (Vana). Agradecimento especial para Carlos Augusto Kalva Filho (beisso) que me aguento durante todo o tempo que morei fora, pela ajuda acadêmica que não foram poucas.

Ao professor Edson Itaru Kaminagakura (Japinha) primeiro orientador ainda na graduação, obrigado pela confiança, pelo incentivo, você é um dos grandes responsáveis por eu escolher uma vida acadêmica, obrigado japinha.

Aos meus amigos que de trabalho José Gerosa Neto (Netera), Fabrício Rossi (Guinominho), Camila Dantas Brum (Camilinha), Pablo Barreto (Pablão), Ronaldo Bucken Gobbi (Ronaldão), Rafael Gavassa de Araújo (Rafinha), Guilherme Navarro Schneider (“jogadô”), Fabio Milioni (Fabinho), Ricardo Barbieri (Rica), Eduardo Sangali (Dudu), Monique Yndawe Castanho de Araújo (Moniquinha) e Vitor Luiz de Andrade (Vitão), obrigado pelo apoio e ajuda em todos os momentos. Não poderia deixar de agradecer especialmente Eduardo Campos Zapatterra (Duzao), que foi como um irmão durante essa jornada, muito obrigado pelos conselhos e por muitas vezes me ouvir. A Maria Souza Silva (Mary), obrigado por dividir a república comigo, pelo apoio e ajuda que foram determinantes para eu chegar até aqui, afinal de contas não foram poucos documentos que entregou por mim.

Ao pessoal da república garotinhos em Rio Claro que me acolheram em todos os momentos que precisei passar algumas temporadas lá, a cada vez que eu ia e voltava pra república os moradores eram diferentes, mas sempre me receberam muito bem.

Aos professores técnicos de natação e aos atletas que participaram da pesquisa, sou muito grato a vocês pela confiança, pela disponibilidade e oportunidade que proporcionaram.

Gostaria de agradecer as pessoas ou professores que não foram citados aqui, mas que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui, afinal de contas durante todo esse tempo muitas pessoas fizeram parte dessa jornada. Aprendi que nada é feito sozinho, vários colegas de trabalho auxiliaram ou deram alguma forma de apoio (como empréstimo de matérias, ajudas, dúvidas que surgiram e foram sanadas)

Além disso, é de extrema importância os agradecimentos a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por ter apoiado financeiramente a execução da presente dissertação (processo: 2011/16195-0).

SUMÁRIO

APOIO FINANCEIRO	IX
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XIV
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	XV
RESUMO	XVIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1. Determinação da capacidade e potência aeróbia em nado livre	7
2.2. Determinação da capacidade e potência aeróbia em nado atado	10
2.3. Determinação da aptidão anaeróbia em nado atado	13
2.4. Variabilidade da frequência cardíaca	16
2.5. Métodos de determinação dos parâmetros mecânicos de nado	19
2.6. Métodos de quantificação das cargas de treinamento	21
2.7. Distribuição das cargas de treinamento	24
2.8. Modelos de treinamento periodizado	27
3. MOTIVAÇÃO CIENTÍFICA	32
4. OBJETIVO GERAL	33
4.1. Objetivos Específicos	33
5. ABORDAGEM EXPERIMENTAL DO PROBLEMA	34
6. ESTUDO PILOTO	37
6.1. Problema e objetivo: estudo piloto	37
6.2. Objetivos específicos do estudo piloto	37
6.3. Materiais e Métodos: Estudo Piloto	38
6.4. Resultados: Estudo Piloto	45
7. ESTUDO 1	54
7.1. Problema e Objetivos: Estudo 1	54

7.2. Objetivos específicos do estudo 1	54
7.3. Materiais e métodos: Estudo 1	55
7.4 Resultados: Estudo 1	60
8. DISCUSSÕES: ESTUDO PILOTO E ESTUDO 1	64
9. CONCLUSÕES: ESTUDO PILOTO E ESTUDO 1	67
10. ESTUDO 2	69
10.1. Problema e Objetivo: Estudo 2	69
10.2. Objetivos específicos do Estudo 2	69
10.3. Materiais e métodos: Estudo 2	70
10.4. Resultados: Estudo 2	78
10.5. Discussões estudo 2	96
10.6. Conclusão: Estudo 2	101
11. CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO	102
12. REFERÊNCIAS	103

APOIO FINANCEIRO

A presente dissertação de mestrado e todos os estudos vinculados a este projeto de pesquisa tiveram o apoio financeiro da:

Fundação de Amparo à Pesquisa do
Estado de São Paulo (FAPESP),
processo: 2011/16195-0

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição do treinamento de acordo com: A- modelo no limiar, B- modelo periodizado.....	25
Figura 2. Relação carga/recuperação e supercompensação após exercício único.....	28
Figura 3. Esquema geral dos estudos que foram realizados para responder a pergunta central que motivou a realização da presente dissertação de mestrado.....	35
Figura 4. Relação entre o peso lido e o peso colocado resultante do experimento realizado para testar a linearidade do sistema de mensuração da força.....	39
Figura 5. Desenho esquemático do posicionamento do nadador e dos equipamentos utilizados para a mensuração da força durante o esforço máximo de três minutos.....	40
Figura 6. Esquema da determinação do limiar anaeróbio (LAN) utilizando regressão de dois componentes lineares (i.e. modelo bi-segmentado; PAPOTI et al. 2010)	41
Figura 7: Valores médios, $\pm$ desvio padrão da concentração de lactato sanguíneo imediatamente após o treino nas zonas de intensidades moderado, pesado e severo (Z1, Z2 e Z3) respectivamente com equiparação das cargas para o estudo 1. *diferença significativa a zona 1. #diferença significativa a zona 2.....	45
Figura 8: Valores médios, $\pm$ desvio padrão para A-lactato desidrogenase, B- ácido úrico, C-creatina kinase, D-testosterona, E cortisol nas situações de pré, pós e 24h após uma sessão de treino. ‡: Z3 diferente de Z1 e Z2; §: Z1 diferente de Z2 e Z3, † Z3 diferente de Z1.....	49
Figura 9. Valores médios da % de variação, $\pm$ desvio padrão para A-lactato desidrogenase, B- ácido úrico, C-creatina kinase, D-testosterona, E cortisol nas situações de pré, pós e 24h após uma sessão de treino. *diferença a Z2.....	52
Figura 10. Valores médios dos parâmetros da Variabilidade da frequência cardíaca, SDNN (representa o desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais, expresso em ms) na situação pós treinamento. (A) RMSSD (raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em MS) (B) e LF (componentes de baixa frequência) (C). * diferença significativa em relação à zona 1.....	62

- Figura 11.** Delineamento experimental do treinamento que foi aplicado em nado atado. ADP: adaptação ao nado atado; AV: período de avaliações (Limiar anaeróbio, esforços máximos de 30 min e de 200m e variáveis bioquímicas); VFC: determinação semanal da variabilidade da frequência cardíaca; PSE: determinação diária da percepção subjetiva de esforço; -----: semana de polimento.....71
- Figura 12.** Determinação do limiar anaeróbio (LAN) determinado na fase incremental do teste de lactato mínimo realizado em nado atado. %Fcrit: percentual da força crítica; [Lac]: concentrações sanguíneas de lactato.....74
- Figura 13.** Distribuição absoluta do volume semanal de treinamento, exceto as séries principais, realizadas em nado livre para ambos os grupos G_{Z1} e G_{Z2} . Z1: esforços abaixo do limiar anaeróbio (LAN), Z2: esforços na intensidade de LAN e Z3: esforços supra-LAN.....75
- Figura 14.** Distribuição relativa (%) do volume de treinamento das séries principais que foram realizadas em nado atado para os grupos G_{Z1} e G_{Z2} . Z1: esforços abaixo do limiar anaeróbio (LAN), Z2: esforços na intensidade de LAN e Z3: esforços na intensidade acima do LAN (supra-LAN).....76
- Figura 15.** Valores médios, $\pm$ desvio padrão para os valores da Força crítica (Fcrit) obtidos no esforço máximo de 3min no pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente para o grupo Z1 (sub limiar) e Z2 (intensidade de limiar de lactato).....79
- Figura 16.** Valores médios, $\pm$ desvio padrão para os valores do impulso total obtidos no esforço máximo de 3min no pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente para o grupo Z1 (sub limiar) e Z2 (intensidade de limiar de lactato). * G_{Z2} diferença significativa T1, # G_{Z2} diferença significativa T1, & G_{Z1} diferença significativa T1.....80
- Figura 17.** Valores médios, $\pm$ desvio padrão para os valores da força média (FMed) obtida durante esforço máximo de 3min no pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente para o grupo Z1 (sub limiar) e Z2 (intensidade de limiar de lactato). ** G_{Z2} , diferença significativa em relação a T1, # G_{Z2} , diferença significativa em relação a T2.....81
- Figura 18:** Valores médios, $\pm$ desvio padrão para os valores área do trabalho realizado acima da Fcrit (W') obtida durante esforço máximo de 3min no pré, pós treinamento e

após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente, grupo Z1 (sub limiar) e Z2 (intensidade de limiar de lactato).....82

Figura 19. Valores médios, $\pm$ desvio padrão para os valores de força pico (FP) obtidos durante esforço máximo de 3min no pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente, grupo Z1 (sub limiar) e Z2 (intensidade de limiar de lactato).....82

Figura 20. Valores médios, $\pm$ desvio padrão para os valores de índice de fadiga (IF) obtida durante esforço máximo de 3min no pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente, grupo Z1 (sub limiar) e Z2 (intensidade de limiar de lactato).....83

Figura 21. Média, $\pm$ desvio padrão dos valores ligados aos índices de domínio do tempo, SDNN (desvio padrão de todos os intervalos R-R) e RMSSD (raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos de R-R) em todos os períodos de avaliação, pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente do grupo Z1(sub limiar) e Z2 (intensidade do limiar de lactato). *grupo Z2 diferença semana T1.....84

Figura 22. Média, $\pm$ desvio padrão dos valores ligados aos índices do domínio da frequência LF (componente de baixa frequência) e HF (componente de alta frequência) em todos os períodos de avaliação, pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente do grupo Z1(sub limiar) e Z2 (intensidade do limiar de lactato). *G_{Z2} diferença a T1.....85

Figura 23. Média, $\pm$ desvio padrão da relação LF/HF (componente de baixa frequência/ componente de alta frequência) em todos os períodos de avaliação, pré e pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente, dos grupos Z1(sub limiar) e Z2 (intensidade do limiar de lactato).....86

Figura 24. Porcentagem de variação dos valores ligados aos índices de domínio do tempo, SDNN (desvio padrão de todos os intervalos R-R) e RMSSD (raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos de R-R) em todos os períodos de avaliação, pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente do grupo Z1(sub limiar) e Z2 (intensidade do limiar de lactato).....87

Figura 25. Porcentagem de variação valores ligados aos índices do domínio da frequência LF (componente de baixa frequência) e HF (componente de alta frequência) em todos os períodos de avaliação, pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente do grupo Z1(sub limiar) e Z2 (intensidade do limiar de lactato).....88

- Figura 26.** Porcentagem de variações da relação LF/HF (componente de baixa frequência/ componente de alta frequência) em todos os períodos de avaliação, pré e pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente, dos grupos Z1(sub limiar) e Z2 (intensidade do limiar de lactato).....89
- Figura 27.** Média, $\pm$ desvio padrão dos valores bioquímicos nas situações de pré treinamento, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente, A- Lactato desidrogenase, B- acido úrico e C-creatina kinase.*G_{Z2}diferença ao pré treinamento.....90
- Figura 28.** Porcentagem de variação dos valores bioquímicos nas situações de pré treinamento, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente, A- Lactato desidrogenase, B- acido úrico e C-creatina kinase.....92
- Figura 29.** Média, $\pm$ desvio padrão do tempo do desempenho de 200M dos grupos Z1(sub limiar) e Z2(intensidade de limiar) em nado livre nas situações de pré treino, pós treino e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente. *G_{Z1} diferença T1. # G_{Z1} diferença T2.....93
- Figura 30.** Porcentagem de variação dos valores da velocidade do desempenho de 200m nas situações de pré treinamento, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente.....94
- Figura 31.** Média, $\pm$ desvio padrão dos valores de velocidade provenientes do teste T30 para os grupos Z1(sub limiar) e Z2 (intensidade de limiar de lactato) no período pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3).....95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização das sessões de treinamento nos domínios moderado (Z1), pesado (Z2) e severo (Z3).....	42
Tabela 2. Valores médios $\pm$ desvio padrão da estatura, massa corporal total (MCT), massa magra (MM), massa gorda (MG) e porcentagem de gordura corporal (GC) dos nadadores estimados por meio da técnica da absorptiometria de raios-X de dupla energia [(Dual-energy x-ray absorptiometry) (DEXA)], utilizando-se o equipamento modelo GE Lunar – DPX-NT.....	56
Tabela 3. Valores médios, $\pm$ desvio padrão da concentração de lactato sanguíneo após o treino e percepção subjetiva do esforço (PSE) nas zonas de intensidades moderado, pesado e severo (Z1, Z2 e Z3) respectivamente.	60
Tabela 4. Valores médios, $\pm$ desvio padrão de cortisol, testosterona, testosterona/cortisol, creatina Kinase, lactato desidrogenase e ácido úrico na situação, pré, pós e 24h uma sessão de treino nas 3 intensidades (moderado, pesado e severo)...	59
Tabela 5. Características das sessões de treinamentos realizadas abaixo do limiar anaeróbio (Z1; 75% do limiar anaeróbio) e na intensidade de limiar anaeróbio (Z2; 100% do limiar anaeróbio).....	78
Tabela 6. Valores médios $\pm$ desvio padrão das variáveis fisiológicas monitoradas pré-treinamento (T1), após seis semanas (T2) e após o polimento (T3).....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

LAN: limiar anaeróbio

MFTI: máxima força atingida no teste incremental

AV: período de avaliação

VO₂: consumo de oxigênio

VO₂-intensidade: relação entre o VO₂ e a intensidade submáxima

MAOD: máximo déficit de oxigênio acumulado

VO_{2MAX}: potência aeróbia máxima

MFEL: máxima fase estável de lactato

[Lac]: concentrações sanguíneas de lactato

T: testosterona

CK: creatina kinase

AU: ácido úrico

C: cortisol

CA: capacidade aeróbia

CTA: capacidade de trabalho anaeróbio

CE_{AER}: contribuição energética aeróbia

DT: Duração da sessão de treinamento

DE: demanda energética

FC_{ex}: frequência cardíaca durante o exercício

FC_{max}: frequência cardíaca máxima

FC_{rep}: frequência cardíaca de repouso

F_{crit}: força critica

Desf: duração dos esforços

I_{rep}: intervalo de repouso

Int: intensidade relativa

LDH: lactato desidrogenase

SDNN: desvio padrão de todos os intervalos de batimento a batimento

SNA: sistema nervoso autônomo

RMSSD: raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalo de batimento a batimento

LF: componente de baixa frequência

HF: componente de alta frequência

LF/HF: relação entre componente de baixa frequência e componente de alta frequência

VO_{2REP}: consumo de oxigênio em repouso

VCO₂: produção de CO₂

Tlim: tempo até a exaustão

T30: teste de 30min

VO_{2PICO}: consumo de oxigênio pico

FC: frequência cardíaca

FP: força pico

FM: força média

Fmáx: Força máxima

IF: índice de fadiga

PL: peso lido pelo dinamômetro.

[Lac]_{PICO}: concentrações pico de lactato;

PSE: percepção subjetiva de esforço.

CV%: coeficiente de variação

DP: desvio padrão

DM: diferenças médias

MCT: massa corporal total

MM: massa magra

QR: coeficiente respiratório

VE: ventilação

MG: massa gorda

GC: porcentagem de gordura total

PCrit: potência crítica determinada pelo modelo convencional

TRIMP: impulso de treinamento

LACmin: teste de lactato mínimo

VLACmin: velocidade de lactato mínimo

Vcrit: velocidade critica

VFC: variabilidade da frequência cardíaca

Z1: intensidades abaixo do limiar

Z2: intensidades do limiar

Z_3 : intensidades acima do limiar

W' : curvatura constante determinada pelo modelo convencional

RESUMO

O objetivo geral do presente estudo foi investigar os efeitos do treinamento sobre as respostas fisiológicas, bioquímicas e autonômicas de nadadores submetidos ao nado atado aplicado por seis semanas com carga equiparada. No entanto para contemplar o estudo foram necessários ser realizado previamente um estudo piloto e estudo 1, os quais objetivaram observar as respostas agudas das respostas fisiológicas, bioquímicas e autonômicas. Ao total dos estudos foram utilizados 31 nadadores os quais foram submetidos a teste incremental para determinar o limiar anaeróbio (LAN), posteriormente foram realizadas sessões agudas e treinamento de seis semanas em diferentes zonas de intensidade as quais foram determinadas a partir do %LAN. Sendo os participantes alocados em dois grupos, G_{Z1} (treinamento em nado atado realizado em Z1[abaixo do LAN]) e G_{Z2} (treinamento em nado atado realizado em Z2[na intensidade do LAN]) e treinamento em Z3 (acima do LAN) foi idêntico para os dois grupos. Foram determinados os valores de variabilidade da frequência cardíaca (VFC), percepção subjetiva do esforço (PSE) e de desempenho realizados através de esforço de 200m e velocidade de teste de 30min (T30). A PSE apresentou-se sensível em verificar diferentes zonas de treinamento e mesmo quanto utilizada para quantificar cargas de treinamento ainda assim foi sensível. A VFC mostrando-se uma ferramenta interessante no treinamento de natação, além de ser de baixo custo, de fácil aplicação, foi capaz de identificar diferentes zonas de treinamento. No estudo piloto e estudo 1, os quais utilizaram sessões agudas de treinamento a intensidade foi a principal responsável pelos resultados encontrados em contra partida, no efeito crônico de seis semanas o volume parece ser o fator chave para a melhora no desempenho dos atletas que treinaram na intensidade abaixo do LAN.

Palavras chave: Variabilidade da frequência cardíaca, Nadadores, Impulso do treinamento (TRIMP), Desempenho.

ABSTRACT

The overall objective of this study was to investigate the effects of training on the physiological , biochemical and autonomic responses of swimmers underwent tethered swim applied for six weeks with equivalent load. Previously a pilot study and Study 1 , which aimed to observe the acute responses of physiological , biochemical and autonomic responses were required . A total of 31 studies which swimmers underwent an incremental test to determine the anaerobic threshold (LAN) , later acute sessions and six weeks training were held in different intensity zones which were determined from the LAN % were used . And participants are divided into two groups , GZ1 (tethered swimming training conducted in Z1 [LAN below]) and GZ2 (tied swim training conducted in Z2 [intensity LAN]) and training Z3 (over LAN) was identical for both groups. Values were determined from heart rate variability (HRV) , perceived exertion (PSE) and performance achieved through effort and speed of 200m 30min test (T30) . The PSE presented in checking different sensitive areas as training and even used to quantify training loads was still sensitive. HRV is showing an interesting tool in swimming training, besides being inexpensive, easy to apply, was able to identify different training zones. In the pilot study and Study 1 , which used acute bouts of training intensity was the main responsible for the results although, in the chronic effect of six weeks, the volume seems to be the key factor for improving the performance of athletes who trained in intensity below the LAN .

Keywords: Heart rate variability, Swimmers, Impulse Training (TRIMP), Performance

1.INTRODUÇÃO

O treinamento típico de *endurance* envolve exercícios contínuos e em intensidades submáximas e/ou esforços intermitentes com intensidades relativamente elevadas. Ambos os treinamentos estressam o sistema cardiovascular, porém tem sido sugerido que o treinamento intermitente desenvolva maiores adaptações periféricas (musculares) em comparação com o treinamento contínuo (LAURSEN & JENKINS, 2002). Desse modo, o período total de treinamento é sistematizado de tal forma que os estímulos são organizados de maneira racional e essa organização é denominada de periodização (ISSURIN, 2010).

A periodização do treinamento é um procedimento frequentemente utilizado (MARTIN & COE 1997), principalmente por conceder uma potencialização do desempenho, reduzir os risco de lesão e de supertreinamento (FRY et al. 1992, ROWBOTTON 2003). Em natação a periodização é muito bem caracterizada, sendo basicamente dividida em período preparatório básico, específico e o polimento. Em linhas gerais, o período preparatório básico caracteriza-se principalmente pelo aumento gradual do volume, visando o desenvolvimento da aptidão aeróbia. O período preparatório específico visa o desenvolvimento das principais características para as provas de cada nadador, dando maior enfoque ao trabalho anaeróbio, mesmo para os nadadores considerados de longas distâncias. O período de polimento é o momento onde as cargas de treinamento são reduzidas (redução do volume e manutenção da intensidade), com o objetivo de provocar uma “supercompensação” dos substratos energéticos, que foram com frequência depletados principalmente na fase final do período de treinamento específico, resultando assim em aumento do desempenho (BOSQUET et al.2007; PAPOTI et al.2007; THOMAS et al. 2008; MUJIKÁ 2010).

A lógica da organização do treinamento é pautada na hipótese de que estímulos consecutivos tem como resultado uma sobrecarga acumulada, proporcionando uma supercompensação no período de polimento (BOSQUET et al. 2007; PAPOTI et al. 2007; THOMAS et al. 2008; MUJIKÁ 2010). No entanto, estudos com o objetivo de investigar modelos de periodização são escassos. Garcia-Pallarés et al. (2010) mostraram uma periodização que parece induzir melhores resultados em comparação aos modelos tradicionais frequentemente aplicados para atletas de caiaque, utilizando altas cargas com o objetivo de desenvolvimento das habilidades técnicas e motoras.

Durante a periodização em natação, assim como em outros esportes, existe grande alternância entre os métodos de treinamento (contínuo e intermitente). Maglischo (1999) padronizou os estímulos de treinamentos para a natação objetivando o desenvolvimento aeróbio e anaeróbio (lático e alático). Os estímulos objetivando o desenvolvimento aeróbio receberam a denominação de treinamento de *endurance* (End), que por sua vez foram subdivididos em três níveis: End-1 (esforços realizados abaixo da capacidade aeróbia), End-2 (treinamento realizado na capacidade aeróbia) e End-3 (treinamento realizado acima da capacidade aeróbia e próxima ao consumo máximo de O_2 ($VO_{2máx}$). Desse modo, as sessões de treinamentos em End-1, End-2 e End-3, parecem corresponder aos domínios moderado, pesado e severo, respectivamente.

No domínio moderado de intensidade, a cinética do consumo de O_2 (VO_2) pode ser representada por uma equação mono-exponencial (BARSTOW e MOLÉ, 1991), apresentando estabilização em aproximadamente 180 s (GASSER e POODLE, 1996). As intensidades inerentes a esse domínio encontram-se abaixo do limiar de lactato (ESTEVE-LANAO et al. 2007). No domínio pesado a cinética do VO_2 ajusta-se melhor a um modelo bi-exponencial. O segundo parâmetro exponencial sobrepõe-se ao primeiro, por volta dos 80 – 200 segundos de exercício e promove um atraso na estabilização do VO_2 (BARSTOW, 1994). Esse fenômeno representa um VO_2 extra consumido que não pode ser previsto através da relação linear, encontrada no domínio moderado. A característica do domínio severo é o aumento do VO_2 , frequência cardíaca (FC) e da concentração de lactato sanguíneo ([Lac]) até seus valores máximos, levando a exaustão. No domínio severo a cinética do VO_2 volta a assumir um perfil mono-exponencial (OZYENER et al. 2001) e não apresenta estabilização. A base teórica para o estabelecimento desses domínios de intensidade foi à observação da cinética do VO_2 e do lactato sanguíneo nas diferentes intensidades de exercício (GAESSER e POOLE, 1996).

Hill et al. (2002) evidenciaram que além dos 3 domínios de intensidade já conhecidos na literatura, existiria mais um domínio chamado de extremo, o qual teria como características associação com a exaustão, porém sem alcançar o $VO_{2máx}$. Outros autores dividem o treinamento aeróbio em cinco zonas arbitrárias divididas entre 50% a 100% do $VO_{2máx}$ ou 60 a 100% da frequência

cardíaca máxima (FISKERSTRAND e SEILER 2004). No entanto, ainda existem controvérsias sobre a sustentação científica para estas divisões.

A periodização do treinamento tem como objetivo a melhora do desempenho, utilizando combinações do volume e intensidade de treinamento (STONE 1990). Nos estudos que investigam as respostas fisiológicas e de desempenho aeróbio, observa-se duas correntes de investigação. Uma tem verificado que o treinamento de alta intensidade, promove ganhos similares nos parâmetros aeróbios (BURGOMASTER et al. 2005, 2006, 2006a, 2007; 2008; RAKOBOWCHUK et al. 2008) e outra tem demonstrado que o treinamento com elevado volume e baixa intensidade ($[Lac] > 2\text{mM}$) tem promovido maiores ganhos aeróbios (SEILER et al. 2006; ESTEVE-LANAO et al. 2007; SEILER & KJERLAND, 2006).

Esteve-Lanao et al. (2007) compararam os efeitos do treinamento predominantemente realizado abaixo (Z_1) e na intensidade próxima ao limiar anaeróbio (Z_2) dividindo doze corredores sub elite em G_{Z_1} e G_{Z_2} . As intensidades do treinamento foram definidas por meio da frequência cardíaca correspondente ao limiar ventilatório (G_{Z_1}) e ponto de compensação respiratória (G_{Z_2}) em teste realizado no início do estudo. O grupo G_{Z_1} teve um volume de treinamento significativamente superior em Z_1 ($80,5 \pm 1,8\%$) com relação ao G_{Z_2} ($66,8 \pm 1,1\%$), que teve significativamente mais sessões em Z_2 ($24,7 \pm 1,5\%$ vs $11,8 \pm 2,0\%$ do G_{Z_1}). Todas as sessões apresentaram impulso de treinamento semelhante (TRIMP) entre os grupos, e o volume em Z_3 também foi semelhante ($G_{Z_1} = 8,3 \pm 0,7\%$ e $G_{Z_2} = 8,5 \pm 1,0\%$). Os resultados demonstraram que a melhora no desempenho aeróbio (10,4 km de corrida cross-country) do G_{Z_1} ($-157 \pm 13\text{s}$) foi significativamente superior ao G_{Z_2} ($-121,5 \pm 7,1\text{s}$).

Corroborando com estes achados, Seiler (2007) em revisão de literatura, observou evidências de que a distribuição de aproximadamente 80% e 20% para os treinamentos de baixa ($< 2\text{mM}$ de lactato) e alta intensidade ($> 4\text{mM}$ de lactato), parece proporcionar resultados mais expressivos a longo prazo em atletas de *endurance*. Ainda nesse sentido Yo et al. (2012) mostraram que treinamentos distribuídos predominantemente em Z_1 (85%), apresentaram reduções nas concentrações sanguíneas de lactato para uma mesma intensidade, aumentos no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e por consequência melhora no desempenho. No entanto, ainda são escassos estudos que investigaram os efeitos de diferentes distribuições das intensidades e volumes de treinamento e

demonstrando quais são as adaptações evidenciadas após um mesmo período de polimento.

Diferentemente dos resultados observados anteriormente, parece que em natação, a intensidade, e não o volume é o fator chave para o sucesso (MUJIKÁ et al. 1995; MUJIKÁ, 2010). Costill et al. (1988) ao analisarem os efeitos da duplicação do volume (4260m para 8790 m), não verificaram ganhos adicionais no desempenho após o curto período de treinamento (10 dias). Esses mesmos autores também não constatarem ganhos adicionais no desempenho após 6 semanas de treinamento com o volume duplicado (duas sessões diária $\cong$ 3h) em comparação aos nadadores que treinaram apenas uma sessão ($\cong$ 1,5h), mesmo após a realização do período de polimento (COSTILL et al. 1991). Por outro lado, Faude et al. (2008) ao compararem dois modelos de treinamentos com duração de 4 semanas com manipulação das variáveis volume e intensidade seguido de um período de polimento idêntico, concluíram que o treinamento de elevado volume não promove ganhos adicionais nas respostas fisiológicas, psicológicas, mecânicas e no desempenho sobre o grupo de nadadores que treinou com volume reduzido e intensidade aumentada.

Tem sido demonstrado que alterações durante o treinamento no volume e intensidade, são acompanhadas por alterações metabólicas e hormonais (ARMSTRONG, 1984; FLYNN et al. 1994; JANSSEN et al. 1986; MUJIKÁ et al. 1996; 1996b; MUJIKÁ 2010; YAMAMOTO et al. 1988), sendo crescente o número de estudos que relacionam o comportamento desses parâmetros com as fases do treinamento e com o desempenho de nadadores, na tentativa de identificar e evitar estados de supertreinamento e consequentemente deteriorações no desempenho (COSTILL et al. 1991; HOOPER et al. 1999; HOOPER et al. 1995; KIRWAN et al. 1988; TANAKA et al. 1993).

Em nadadores o aumento abrupto no volume de treinamento com intensidade de aproximadamente 95% do consumo máximo de oxigênio altera significativamente as concentrações séricas de creatina kinase (CK) e cortisol (C), promovendo diminuição nas concentrações de testosterona (T) e estagnação das catecolaminas plasmáticas, desempenho (365,8m; 22,9m) e potência em nado parcialmente atado (COSTILL et al. 1991; KIRWAN et al. 1988).

Flynn et al. (1994) examinaram diferenças nas respostas hormonais e enzimáticas durante uma temporada competitiva de corredores e nadadores, com mensurações sistemáticas da concentração de T (livre e total), C e CK. Estes autores observaram alterações significativas nas concentrações de T e CK ao longo do treinamento, mas somente para o grupo de nadadores. Além disso, o C não foi alterado em nenhum dos programas de treinamento estudados. Os autores concluíram que a T pode ser um índice efetivo de supertreinamento em atletas. No entanto, grandes alterações no volume de treinamento foram necessárias para evidenciar mudanças significativas nesses parâmetros.

Desse modo, pelo fato da regulação do sistema nervoso autonômico estar diretamente relacionada à liberação de catecolaminas e ser sensível a diferentes estímulos de treinamento (SEILER et al. 2007), a verificação da ativação e/ou inibição do sistema nervoso simpático e parassimpático apresenta-se como uma ferramenta interessante na identificação das respostas agudas e crônicas decorrentes de diferentes estímulos do treinamento. Neste sentido, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem sido uma ferramenta não invasiva, de baixo custo e fácil aplicação frequentemente utilizada para verificar ativação do sistema nervoso simpático e parassimpático durante esforço e recuperação (HOTELLING 1936 e HEFFERNAN et al. 2007). No entanto, a literatura ainda é carente quanto à utilização da VFC em resposta ao treinamento de nadadores.

Nos programas de treinamento em natação, assim como em outros esportes, tradicionalmente são realizados exercícios em terra seca que objetivam o aumento da força, na crença de que esses ganhos sejam transferidos para o nado. No entanto, os resultados dessa forma de treinamento são contraditórios promovendo (GIROLD et al. 2007) ou não (TANAKA et al. 1993) melhoras no desempenho. Desse modo, formas alternativas de treinamento são utilizadas com o objetivo de desenvolver a força e a potência dos nadadores. Dentre elas podem-se destacar os esforços em nado atado de alta intensidade envolvendo a suspensão de anilhas (Power Rack) (MAGLISCHO, 1999), contra corda elástica (MAGLISCHO, 1999; GIROLD et al. 2005) e a aplicação da força contra blocos fixados no fundo da piscina (TOUSSAINT & VERVOON, 1990). Apesar de ser uma forma específica de desenvolvimento da força, pelo fato de ser realizado na água e reproduzir os movimentos realizados durante o nado livre,

treinamento em nado atado ainda é um método de treinamento criticado, provavelmente pelas alterações observadas na mecânica de nado (MAGLISCHO et al. 1988; LAVOIE et al. 1986).

A literatura ainda é carente com relação à vantagem de um determinado modelo de treinamento e, apesar das contradições observadas na literatura com relação ao melhor modelo de treinamento para o desenvolvimento das capacidades aeróbia, anaeróbia e desempenho com baixo risco de supertreinamento. Tem sido verificado que em natação, a intensidade de treinamento parece ser o fator chave para a evolução do desempenho, especialmente se após o treinamento for realizado um breve período com manutenção da intensidade e drástica redução do volume (i.e. período de polimento) (MUJIKÁ et al. 2010). Apesar desses achados, os modelos de treinamentos com elevado volume têm sido questionados e evidenciando uma tendência de redução no volume absoluto do treinamento de nadadores (FAUDE et al. 2008). No entanto a maioria dos estudos que verificaram as respostas do treinamento com elevado volume em comparação ao treinamento de alta intensidade, não utilizou a equiparação das cargas de treino, provavelmente pela dificuldade em quantificá-las e equipará-las.

Vários métodos têm sido usados para quantificar carga de treinamento, incluindo questionários, diários, monitoramento fisiológico e observações diretas. Recentemente foram propostos índices de estresse, incluindo o impulso do treinamento (TRIMP) com a utilização da frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço e a duração do exercício (BORRESEN & LAMBERT, 2009). O TRIMP, proposto inicialmente por Banister et al. (1991) de modo geral, é assumido como o produto duração do treinamento (min) e a frequência cardíaca média do exercício.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Determinação da capacidade e potência aeróbia em nado livre

A máxima fase estável de lactato (MFEL) tem sido considerada o teste “padrão ouro” na determinação da capacidade aeróbia (BENEKE 1995,2001). No entanto para sua realização são necessários vários dias ($\cong$ 3-4) de teste com cargas constantes com duração de 30 min, o que dificulta sua utilização na rotina de treino. Na tentativa de estimar a capacidade aeróbia em nado livre, alguns autores têm utilizados métodos invasivos e não invasivos (PAPOTI et al. 2005;OLBRECHT et al. 1985; DEKERLE et al. 2002 DEMINICE et al. 2003).

De maneira não invasiva, Olbrecht et al. (1985) desenvolveram o teste 30 min (T30) que consiste em nadar a máxima distância em 30min. A velocidade média do T30 tem apresentado boas correlações com a velocidade de limiar anaeróbio (OLBRECHT et al. 1985; DEKERLE et al. 2002 DEMINICE et al. 2003) e com o desempenho em natação (DOS SANTOS et al. 2004). Deminice et al. (2007) verificaram a utilização do T30 para determinação da capacidade aeróbia e parâmetros mecânicos de nado. Ao compararem os resultados provenientes desse teste com a velocidade e parâmetros mecânicos de nado provenientes do teste de LAN, que consistiu na realização de três esforços progressivos de 400m em nado livre (Pereira et al. 2002), não observaram diferenças significativas e encontraram elevadas correlações. Além disso, a concentração média de lactato no fim do teste foi próxima à utilizada em concentração fixa de $3,5 \text{ mmol.L}^{-1}$. Apesar desses achados, o T30 é um método que apresenta limitações por não considerar o componente anaeróbio (PAPOTI et al. 2005).

O modelo de potência crítica proposto por Monod & Scherer (1965), teoricamente representa a máxima carga de trabalho que pode ser realizada por um longo período de tempo sem a ocorrência de exaustão, sendo considerada uma alternativa para a determinação da capacidade aeróbia de maneira não invasiva e de baixos custos. Wakayoshi et al. (1992, 1993) adaptaram esse modelo para natação utilizando swimming-flume, passando a ser chamado de velocidade crítica (V_{crit}). Nestes estudos, foram definidas as relações lineares entre a distância (d) e tempo (t) de nado ($d=a'+b' *t$), onde a inclinação da reta (b') é equivalente a V_{crit} . Toussaint et al.

(1998), com o objetivo de verificar as relações entre a V_{crit} e a capacidade aeróbia, mostraram que a V_{crit} , determinada por meio das distâncias entre 50 e 1500m, pode ser um bom indicador da aptidão aeróbia. Concordando com estes achados, Dekerle et al. (2002) utilizaram a combinação de 2 esforços (50 à 400m) para calcular a capacidade aeróbia utilizando a V_{crit} (distância-tempo) não encontraram diferença significativa entre o teste de V_{crit} e T30, mostrando dessa forma que o teste de V_{crit} pode ser um índice de aptidão aeróbia, além disso, demonstraram que frequência de braçada entre os dois testes não era significativamente diferente. Da mesma forma, Coelho et al. (2005) utilizando jovens nadadores de 10 a 15 anos demonstraram que a V_{crit} fornece uma medida simples e válida da velocidade para sustentar o nado como mostrado através do T30. Perandini et al. (2006) utilizando esforços de 200 e 400m para determinar a V_{crit} , sugerem que o modelo é uma ferramenta adequada para avaliar parâmetros aeróbios. Papoti et al. (2005) no sentido de confirmar se a V_{crit} é um método confiável, compararam a V_{crit} com o LAN e também verificaram as relações das variáveis aeróbias (V_{crit} e LAN) e anaeróbias (capacidade de trabalho anaeróbio (CTA) com desempenho em distância de 15 a 400m. Os resultados revelaram não haver diferença significativa entre o LAN e V_{crit} , concluindo que a V_{crit} é um método confiável na avaliação da capacidade aeróbia e na predição do desempenho em 400m.

Wakayoshi et al. (1992, 1993) mostraram que a V_{crit} apresentou significativas correlações com a MFEL ($r=0,89$ e $r=0,91$ respectivamente) em nadadores de aproximadamente 19 anos. Entretanto, Dekerle et al. (2005), Denadai et al. (2000), Rodriguez et al. (2003) encontraram que a V_{crit} superestima a MFEL. O LAN determinado de maneira invasiva utilizando as concentrações de lactato, teoricamente identifica a máxima intensidade de exercício onde a ressíntese de ATP é feita principalmente pelo metabolismo aeróbio (HECK et al. 1985).

Dentre as técnicas de determinação do LAN por meio das concentrações de lactato destacam-se a utilização de concentração fixa de lactato (WAKAYOSHI et al. 1992,1993; BONIFAZI et al. 1993; KOKUBUN 1996; DENADAI E GREGO 1997; FREITAS et al. 2002) ou $3,5\text{mmol. L}^{-1}$ (PEREIRA et al. 2002). Pereira et al. (2002) validaram dois protocolos para determinação do LAN a partir da realização de esforços de 200m e 400m, comparando seus valores a MFEL. Estes autores não encontraram diferenças significativas entre os limiares e a MFEL. Da mesma forma Ribeiro et al.

(2004) comparando diferentes protocolos para determinar o LAN, não encontraram diferença entre o LAN determinado através do protocolo de lactato mínimo o qual utilizou esforços de 200m no teste incremental e a MFEL.

A determinação do LAN por concentração fixa apesar de ser amplamente utilizado recebe várias críticas por não levar em consideração a cinética individual de lactato. Nesse sentido alguns autores tem aplicado o teste de lactato mínimo (LACmin) popularizado por Tegbur et al. (1993). Ribeiro et al. (2004) ao compararem a velocidade de LACmin (VLACmin) com a velocidade da MFEL de nadadores, encontraram que VLACmin superestima a de MFEL a menos que os estágios utilizados sejam de 200m, independente da intensidade escolhida no início.

Segundo Hólmér (1979) o ergômetro de natação mais sofisticado era a *swimming flume* a qual permitia ao nadador realizar o exercício de maneira estacionária podendo analisar com mais facilidade parâmetros fisiológicos e biomecânicos. Porém a utilização da *swimming flume* até os dias atuais é inviável a maior parte das equipes de natação pelo alto custo. Bonen et al. (1980) e Wakayoshi et al. (1995) utilizando a *swimming flume* não encontraram diferença entre o consumo de oxigênio (VO_2) obtido com outros métodos de determinação e verificaram relação de parâmetros mecânicos e fisiológicos com o desempenho respectivamente.

Dal Monte et al. (1994) mostraram que equipamentos desajeitados que afetam o nadador podem alterar a potência gerada pelo nadador para vencer o arrasto, causando um maior consumo de energia. Dessa forma Toussaint et al. (1987) apresentaram um snorkel específico para avaliação em natação, com a vantagem de gerar um baixo arrasto com relação aos snorkels convencionais e Dal Monte et al. (1994) apresentaram um snorkel similar ao proposto por Toussaint et al. (1987) mas com espaço morto inferior. Porém, esses snorkels foram confeccionados para a bolsa de Douglas, no qual todo ar expirado era armazenado na bolsa durante o exercício para posterior análise, dificultando sua utilização. Fernandes et al. (2003) utilizando uma válvula especial conectada ao nadador a qual captava o ar expirado e analisou 2 protocolos, o primeiro com objetivo de identificar o $\text{VO}_{2\text{máx}}$, e outro os nadadores eram submetidos a nadar na intensidade de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ para identificar o tempo limite de nadadores e Papoti et al. (2007) desenvolveu um snorkel artesanal, através do qual foi possível determinar parâmetros cardiorrespiratórios, da mesma forma Rodrigues et al. (2008) testaram a

validade do snorkel e concluíram que a utilização é válida para mensurar a capacidade cardiorrespiratória em natação.

Segundo Jalab et al. (2011), testes que tentam reproduzir competições, em que os atletas frequentemente utilizam instrumentos por telemetria forçando os atletas a realizar esforços com intensidades constantes não simulando, portanto a queda da velocidade ou potência que acontecem durante as competições, além disso, movimentos característicos da natação como viradas e ondulações depois da saída são impraticáveis (JALAB et al. 2011), podendo não fornecer validade ecológica do teste. No sentido de diminuir a interferência durante o nado sobre o desempenho no teste de $\text{VO}_2\text{máx}$ e com a possibilidade de determinação do mesmo (COSTILL et al. 1985; JALAB et al. 2011; JÜRIMÄE et al. 2007; LÉGER, SELIGER & BASSARD, 1980; ZAMPARO et al. 2005), foi desenvolvido o método da retro extrapolação por Di Prampero et al. (1976) o qual consiste em analisar o VO_2 após o exercício utilizando uma regressão semi logarítmica de VO_2 e tempo, levando em consideração que existe um retardamento (2-4s) entre o final do exercício e primeira coleta de VO_2 . Através do método de retro extrapolação pode-se obter uma estimativa do consumo de oxigênio máximo ($\text{VO}_2\text{máx}$) (COSTILL et al. 1985; LÉGER et al. 1980) e determinar o VO_2 nas intensidades submáximas (LÉGER et al. 1980; ZAMPARO et al. 2005). Sleivert e Mackinnon (1991) afirmaram ser um método válido, mostrando em seu estudo que a retro extrapolação seja ela feita de maneira exponencial ou linear é um método válido para prever VO_2 em esforços submáximos, e 20s de coleta pós exercício seria o suficiente para construção de regressão linear, além disso, esse método vêm sendo amplamente utilizado (COSTILL et al. 1985; JALAB et al. 2011; JÜRIMÄE et al. 2007; LÉGER et al. 1980; ZAMPARO et al. 2005).

2.2. Determinação da capacidade e potência aeróbia em nado atado

Primeiramente, estudos com nado atado, o nadador era fixado pela cintura através de um cabo fixo, utilizava um sistema de polias com pesos MAGEL (1970). Bonen et al. (1980) verificaram que não existia diferença no $\text{VO}_2\text{máx}$ mensurado em nado livre, nado atado ou na swimming flume.

Matsumoto et al. (1999), ao analisar crianças com asma leve e moderada, utilizaram o nado atado para determinar a capacidade aeróbia de modo invasivo, através de um teste incremental obtiveram lactato sanguíneo o qual posteriormente era plotado contra a carga de exercício e de maneira visual era determinado o LAN, sendo o ponto onde o lactato perdia a linearidade com carga de exercício. Os mesmos verificaram que o LAN determinado em nado atado é sensível a 6 semanas de treinamento em nado livre na intensidade de 125% do LAN, porém esse é um método invasivo, o que dificulta sua utilização na rotina de treino. Posteriormente o cabo fixo foi substituído por um tubo cirúrgico (PAPOTI et al. 2005), que tinha como principal objetivo diminuir os efeitos negativos do cabo fixo sobre a mecânica de braçada.

Na tentativa de verificar a capacidade aeróbia em nado atado, Papoti et al. (2009), verificaram se a capacidade aeróbia corresponde a MFEL, utilizando um teste incremental até a exaustão voluntária o qual iniciava com uma carga de 20N e incremento de 10N a cada 3 min e a capacidade aeróbia foi determinada a partir de três modelos, concentração fixa de 3,5 e 4mmol. L⁻¹ e pelo método bi-segmentado. Os mesmos verificaram que a capacidade aeróbia determinada em nado atado através do método bi-segmentado corresponde a MFEL, além disso, não encontraram diferença entre as formas de determinação da capacidade aeróbia. A capacidade aeróbia determinada através de inspeção visual corresponde a $\pm 7\%$ menos do que determinada através de concentração fixa de 4mmol. L⁻¹ e também dependendo do método usado para determinar a capacidade aeróbia pode ter $\pm 15\%$ de diferença (TOKMAKIDIS et al. 1998).

A utilização do modelo de potência crítica quando utilizada para determinar a capacidade aeróbia em nado atado denomina-se força crítica (Fcrit). A Fcrit é determinada através 3-4 esforços exaustivos e o tempo de nado atado é registrado como tempo limite (Tlim), os valores de força e Tlim são submetidos a um procedimento de regressão linear para estimativa da Fcrit, pelo modelo linear a força vs o 1/Tlim, de modo que a Fcrit corresponde ao coeficiente linear (PAPOTI. 2010). A Fcrit determinada através de um sistema de anilhas apresenta correlações com LAN determinado por concentração fixa de 4mmol. L⁻¹ ($r = 0,68$) e V400 sugerindo dessa forma, ser um indicativo confiável da capacidade aeróbia (IKUTA et al. 1996), além de

apresentar valores próximos e boas correlações com o LAN determinado durante o nado atado (PAPOTI et al. 2010; PAPOTI et al. 2011).

Papoti et al. (2007) encontraram significativas correlações entre o LAN determinado em nado atado e a Fcrit ($r=0,76$) determinado a partir de esforços de 117, 140, 160 e 180% do LAN, com base nesses resultados, concluíram que Fcrit pode ser uma ferramenta para avaliação de parâmetros aeróbios. No mesmo sentido, Perandini et al. (2006), em seu estudo determinaram a Fcrit por três equações do modelo de potência crítica (tempo, força e impulso) e verificaram se existia correlação com a Vcrit, os resultados mostraram altas correlações ($r=0,89$; $r=0,89$; $r=0,91$ respectivamente). Dessa forma autores concluíram que a Fcrit pode ser usada como indicador da capacidade aeróbia, devido a suas boas correlações com a Vcrit. Almeida et al. (2002) com o objetivo de testar a validade da Fcrit como indicador da capacidade aeróbia, analisando as respostas de VO_2 e da concentração de lactato durante o nado atado, confirmaram o achado de Ikuta et al. (1996), verificando que a utilização de 3 a 4 esforços com carga constante para estimar relação impulso-Tlim é capaz de estimar com segurança a Fcrit. Segundo Housh et al. (1990), a utilização de apenas duas cargas constantes não difere da utilização de 4 cargas.

Almeida et al. (2002) encontraram que a Fcrit subestima a intensidade máxima em que ocorre o equilíbrio das variáveis fisiológicas e metabólicas e Almeida et al. (2004) realizaram com um grupo de nadadores, exercícios de 30min de duração a 90, 100 e 110% da Fcrit e verificaram que os valores de lactato e VO_2 na intensidade de 110% eram próximos aos achados a 100%, concluindo dessa forma, que a Fcrit subestima a MFEL em nado atado, uma possível explicação para esse achado é que os nadadores durante os testes tiveram adaptação ao nado atado.

Papoti et al. (2013), através do modelo de potência crítica verificaram se a Fcrit e o impulso da capacidade anaeróbia (ICA) mensurados em nado atado correspondiam ao desempenho aeróbio e anaeróbio em nadadores. Os resultados mostraram que a Fcrit ($57,09 \pm 11,77$ N) não eram significativamente diferente do LAN ($53,11 \pm 11,52$ N), desse modo, concluíram que Fcrit pode ser usado com um método não invasivo para avaliar a capacidade aeróbia, além disso, Fcrit e o LAN apresentaram uma significativa correlação e também revelaram que Fcrit pode ser usado para prever desempenho.

2.3. Determinação da aptidão anaeróbia em nado atado

A capacidade anaeróbia (CA) é verificada como a energia proveniente do metabolismo anaeróbio em esforços menores que 90 segundos até exaustão (ZUPAN et al. 2009). Noordhof et al. (2010), consideram a CA como a máxima quantidade de ATP que pode ser ressintetizada pelo metabolismo anaeróbio (lático e alático), sendo essa, a definição mais aceita.

Na avaliação da potência anaeróbia, o teste de Wingate proposto por Bar-Or et al. (1977) têm sido utilizado, uma vez que apresenta correlações com índices anaeróbios como máxima concentração de lactato e déficit de oxigênio (BAR-OR et al. 1987). Hawley e Willians (1991) encontraram forte correlação entre teste de Wingate feito no ergômetro de braço e velocidade de nado nos 50 m. No entanto Guglielmo e Denadai (2000) concluíram em seu estudo que essa metodologia não fornece indicativos da aptidão anaeróbia.

Sharp et al. (1982), com 40 nadadores, utilizaram *swim bench* (banco de nado), um dispositivo de resistência, que contém 2 cabos com palmares em suas extremidades o qual permite simular a braçada fora da água e regular a velocidade de nado determinada pela força realizada. Foram encontradas correlações de $r=0,90$ entre a velocidade máxima de 25 jardas no nado crawl e a potência de braçada. Os melhores nadadores não necessariamente produziram os valores mais elevados de potência no *swim bench* (KESKINEN, 1997).

Costill et al. (1986), adaptaram um sistema biocinético para mensurar a força e potência de 76 nadadores universitários parcialmente atados, encontraram elevada correlação entre a potência máxima e o nado em curtas distâncias, concluindo dessa forma, que este sistema é sensível para avaliação da potência anaeróbia de nadadores. Nos primeiros estudos em nado atado, eram utilizados esforços de 10-15s, essas avaliações verificavam a força máxima que representa a taxa do metabolismo ATP-CP (Costill et al. 1986 e Yeater et al. 1981). Sendo mais tarde utilizado esforços de 30s como no teste de Wingate, o qual apresenta potência média e índice de fadiga, parâmetros os quais são considerados estimadores da potência e capacidade anaeróbia (MINHAHAN et al. 2007), além disso, esses parâmetros tem apresentado altas relações com o desempenho em provas de curtas distância na natação. Hawley e Willians (1991) encontraram uma alta correlação entre a potência pico e média determinada em nado

atado com o tempo de 50m ($r = 0,82$ e $r = 0,83$ respectivamente). Dopsaj et al. (2000) tenta definir a relação entre a máxima velocidade de 50m livre e as medições da força de tração desenvolvidas em nado atado em função do tempo, e segundo Smith et al. (2002), força e potência são variáveis anaeróbias importantes na evolução dos nadadores. Nesse sentido, Papoti et al. (2003), com o objetivo de padronizar um protocolo específico para avaliar a aptidão anaeróbia de nadadores e verificar suas correlações com o desempenho nas provas de 200m e nado livre, avaliaram 13 nadadores competitivos de 15 à 18 anos em nado atado, e concluíram que esforços de 30 s utilizando células de carga é um protocolo reproduzível e que pode representar a aptidão anaeróbia, além de prever desempenho de provas com 200 e 400m. Estudos utilizando o mesmo tempo de exercício (30s) apresentaram significativa correlação da potência anaeróbia e atividade neuromuscular (JOHN et al. 1996) e com o desempenho de 200 m antes e após o polimento (PAPOTI et al. 2007, HOOPER, MACKINNON & GINN, 1998).

Segundo Soares et al. (2010), através força média que os nadadores são capazes de produzir durante os 30s máximos de esforço, parece ser possível avaliar a capacidade anaeróbia. Papoti et al. (2005) encontraram correlações da força média a partir do teste de 30s com os desempenhos de 100 ($r = 0,78$), 200 ($r = 0,82$), 300 ($r = 0,75$), 400 ($r = 0,74$) e 600m ($r = 0,74$) nado crawl. Nesse sentido, Mouroço et al. (2012) mostraram correlação da força máxima e média com os desempenhos de 50 e 100m, corroborando com estudos como de Fomitckenko et al. (1999). Essa técnica foi aplicada para avaliação da aptidão anaeróbia nos quatro estilos oficiais de natação (MOUROÇO et al. 2011), os autores observaram relações significantes entre a força em nado atado e o desempenho nos quatro estilos de nado, além disso, verificaram que o nado peito é o que necessita de mais força para ser realizado, seguido do nado borboleta, do crawl e do nado costas. Também demonstraram que atletas com maior força exercida durante teste máximo de 30s em nado atado, possuem maior desempenho em provas de 50m nos quatro estilos ($r = 0,81$ para o nado costas, $r = 0,92$ crawl e borboleta e $r = 0,94$ para o nado peito). Da mesma forma, Yeater et al. (1981) estudaram a relação entre a média da força máxima e a velocidade de nado em 3 estilos (crawl, costas e peito), no entanto, encontraram alta correlação somente para o nado crawl.

O parâmetro de curvatura constante (W'), também chamada de capacidade de trabalho anaeróbio (CTA) (PAPOTI et al. 2005), desenvolvida a partir do modelo de potência crítica, representa um estoque da energia anaeróbia. Hill et al. (1994) mostraram que a W' é sensível para mensurar parâmetros da capacidade anaeróbia somente quando o erro do coeficiente linear é menor que 10%. No entanto Guglielmo e Denadai (1999), utilizando um ergômetro de braço isocinético não encontraram correlações entre a W' de nadadores com a potência média determinada durante esforços máximos de 30 segundos e da mesma forma Dekerle et al. (2002), não encontraram correlação da W' e desempenho em nado livre, os autores não incentivam a utilização desse parâmetro para controlar variáveis anaeróbias. Papoti et al. (2005) também não encontraram correlação entre a W' obtida através da combinação de diversos esforços (100, 200, 300, 400 e 600) com o teste de 30s e desempenho em nado livre, concluindo em seu estudo que a W' evidenciada pelo intercepto y da relação distância-tempo não demonstra ser um bom parâmetro na avaliação anaeróbia e predição de desempenho.

Toussaint et al. (1998), tiveram como objetivo verificar se o conceito de V_{crit} e W' pode ser usado na avaliação das capacidades aeróbias e anaeróbias de nadadores respectivamente. Esses autores desenvolveram um modelo matemático associado à parte energética e mecânica do nado crawl, e modelaram a liberação de energia aeróbia e anaeróbia, concluindo que a V_{crit} tem significado com o sistema aeróbio, no entanto a W' , é influenciado por diversos fatores tanto ligados ao sistema aeróbio, quando ao sistema anaeróbio, não deixando clara se a W' representa a capacidade anaeróbia.

Papoti et al. (2005) não observaram correlação entre W' e desempenho. No entanto o erro para determinação desse parâmetro foi de $19,30 \pm 5,9\%$. Essa pode ser uma possível explicação para que estudos anteriores como Papoti et al. (2005) e Dekerle et al. (2002) também não terem encontrado correlação entre a W' e o desempenho.

Papoti et al. (2013) por meio do modelo de potência crítica, verificaram se a capacidade de impulso anaeróbio que teóricamente corresponde a W' mensurado em nado atado correspondia ao desempenho anaeróbio em nadadores, além disso, realizaram o teste de 30s em nado atado para verificar a aptidão anaeróbia e encontraram significativas correlações entre o ICA determinada através do modelo de potência crítica e Teste de 30s ($r=0,81$), e também encontraram correlações positivas

com o desempenho em nado livre, o valor do erro apresentado foi baixo $\cong 4,8\%$, a partir desses resultados os autores sugerem que a ICA pode ser utilizada para monitorar efeitos anaeróbios de treinamento.

2.4. Variabilidade da frequência cardíaca

O sistema nervoso autônomo (SNA) faz o controle do sistema cardiovascular em partes através de terminações simpáticas em todo o miocárdio atrial e terminações parassimpáticas no nodo atrioventricular.

A FC adapta-se às necessidades de cada momento com base em informações aferentes tendo como resposta a integração de estímulos e inibição através de vias simpática e parassimpática (VANDERLEI et al. 2009). Quando acontece um aumento da FC, ocorre a inibição vagal, a atividade simpática tem maior ação enquanto que a parassimpática encontra-se diminuída, isso tudo depende do predomínio da atividade vagal (AUBERT et al. 2003, RAJENDRA et al. 2006). Alteração da FC é chamada variabilidade da frequência cardíaca (VFC) que é a variação dos intervalos entre os batimentos cardíacos consecutivos (intervalos R-R) as quais estão ligadas às influências do SNA.

Medidas da VFC tem demonstrado que a disfunção cardíaca autonômica resulta de alterações na modulação adrenérgica e desequilíbrio do sistema simpático, parassimpático e do tônus do controle cardiovascular. Durante a realização de exercícios, ocorrem disfunções autonômicas como inibição vagal e ativação simpática, tendo como consequência um aumento da frequência cardíaca (MELO et al. 2005). A VFC tem se mostrado uma ferramenta útil para monitorar individuais adaptações ao programa de treinamento (VESTERINEN et al. 2011).

Em esportes competitivos, a melhora do desempenho é o resultado de períodos de intenso treinamento alternando com períodos de repouso relativo (MOUROT et al. 2004). Alguns estudos tem mostrado que o resultado de um treinamento aeróbio longo ou intenso é o aumento da VFC (MACOR et al. 1996; MELANSON e FREEDSON 2001).

Segundo Buchheit et al. (2009) o esforço físico causa o aumento da atividade simpática e retirada da atividade parassimpática. Segundo Hautala et al. (2009) a regulação autonômica é um importante parâmetro da adaptação ao treinamento. Diversos estudos tem mostrado que o treinamento aumenta a VFC (BUCHHEIT et al. 2004, KIVINIEMI et al. 2006, NUMMELA et al. 2010). Nesse sentido, estudos tem mostrado um predomínio simpático com o aumento da carga de treinamento (IELAMO et al. 2002, PICHOT et al. 2000, PICHOT et al. 2002, PORTIER et al. 2001). Porém, de maneira contrária alguns estudos, não tem observado aumento nos índices da VFC induzidos pelo treinamento (BOUTCHER e STEIN 1995, DE MEERSMAN 1992, LOIMAALA et al. 2000). Mourot et al. (2004) mostraram que alterações no controle autonômico são evidenciados por um baixa VFC e maior atividade parassimpática quando os atletas reportavam sinais de *overtraining*, e Crisafulli et al. (2004), mostraram que após treinamento de longa duração, um aumento da FC é observado refletindo maior atividade parassimpática.

Respostas cardiovasculares mostraram que esforços máximos levam o SNA a uma condição de estresse, após a exaustão baixos valores da VFC são observados, a intensidade e duração dos esforços são elementos que limitam a determinação da magnitude dos parâmetros da VFC (BUCHHEIT et al. 2009, NAKAMURA et al. 2009). Segundo Hedelin, Bbjerle, Henriksson-Larsén (2001), a resposta autonômica é dependente das condições físicas. O treinamento físico regular tem como efeito o aumento da VFC, tendo o tônus parassimpático um aumento enquanto que o tônus simpático tem uma diminuição, tornando dessa forma o organismo mais eficaz em responder alterações do sistema cardiovascular. Além disso, pessoas treinadas tem uma média maior de intervalo R-R (intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos), o qual indica maior balanço simpatovagal, deslocando para o predomínio parassimpático (Goldberger, 1999). Têm sido observado, que são necessárias pelo menos quatro semanas de treinamento para observar mudanças na função cardíaca parassimpática (SANDERCOK et al. 2005). Nummela et al. (2010), encontraram que após um período de quatro semanas de treinamento (3vezes por semana, 40min a 60-70% da velocidade máxima), houve um aumento significativo no componente de alta frequência (HF) independente do gênero, analisando na VFC noturna. Monahan et al. (2000); Gulli et al. (2003), corroborando com estudos anteriores, mostraram que independente do sexo

indivíduos de meia idade com treinamento aeróbio de cinco a seis meses melhoram a VFC e a sensibilidade dos baroreflexos. Reforçando estudos anteriores os resultados de Boullosa et al. (2009), mostraram que o treinamento de longa duração, além de causar um aumento do desempenho, também aumenta a atividade parassimpática antes e depois do exercício.

Porém, Loimaala et al. (2000), Uusitalo et al. (1998b), mostraram que após um período de treinamento, os índices da VFC não foram alterados. Os efeitos do treinamento aeróbio sobre a VFC ainda não são totalmente claros (VESTERINEN et al. 2011). Uusitalo et al. (1998b), mostraram que treinamento intensivo de nove semanas não foi capaz de provocar mudanças intrínsecas no coração e também não alterou a modulação vagal em mulheres. Da mesma forma Loimaala et al. (2000), não encontraram alterações na VFC, analisando os sujeitos durante um período de 24h durante cinco meses de treinamento de alta ou baixa intensidade de treinamento

Apesar dos resultados da VFC em relação ao treinamento serem conflitantes, um desequilíbrio cardíaco autonômico também é observado em pessoas que se encontram em supertreinamento, o qual é caracterizado por excessiva sobrecarga juntamente com baixa qualidade de recuperação tendo como principal resultado a queda no desempenho (HEDELIN et al. 2000), mudanças na VFC são observadas nessa condição caracterizando dessa forma que a VFC é também uma ferramenta útil para detectar um estado de supertreinamento (Aubert et al. 2003).

Kuipers (1998) hipotetizou que no início de estado de supertreinamento a atividade simpática é alterada a todo tempo, porém, em um estado avançado há uma tendência de a atividade simpática ser inibida e acontecer um domínio da atividade de parassimpática. Porém o estudo de Mourot et al. (2004), com atletas que apresentavam características de supertreinamento, na posição supina e 60° na posição vertical, apresentaram um VFC semelhante a pessoas sedentárias com domínio da atividade simpática, além disso, demonstraram através do Plot de Poincaré, que atletas em condições severas de supertreinamento apresentam maior atividade simpática.

Hautala et al. (2003), mostraram que em um período de oito semanas de treinamento, existe uma relação entre os índices de VFC noturna e a resposta de

treinamento, sugerindo que a regulação cardiovascular autonômica é uma importante ferramenta da resposta ao treinamento, além de encontrar que o componente de alta frequência (HF) é a melhor forma de mostrar adaptações do treinamento. No entanto, Hedelin et al. (2000b) mostraram que após o período de treinamento competitivo de sete meses a VFC apresentou um aumento, no entanto o HF, que corresponde à modulação respiratória, não sofreu alteração significativa, sugerindo dessa forma que o treinamento não causou aumento da atividade parassimpática, uma vez que o HF têm sido usado como um marcador da atividade parassimpática (AKSELROL et al. 1985).

Porém, Manzi et al. (2009) mostraram que como adaptação do sistema nervoso autônomo ao treinamento, um deslocando para o predomínio simpático. Da mesma forma, Liellamo et al. (2002, 2004) mostraram um deslocamento da modulação autonômica para predomínio simpático no aumento da carga de treinamento em esquiadores de nível mundial todavia, não era feita a individualização das cargas de treinamento.

Além das contradições nos resultados já apresentados, a VFC em alguns estudos mostra-se similar em indivíduos altamente treinados e indivíduos sedentários (MOUROT et al. 2004; BUCHHEIT et al. 2004). Indivíduos moderadamente treinados apresentaram um aumento na VFC, enquanto que indivíduos altamente treinados e sedentários apresentaram VFC semelhante, mesmo após autor confirmar que os mesmos não estavam em período competitivo ou no estado de supertreinamento (BUCHHEIT et al. 2004).

Exercícios em dose moderada são suficientes para alterar modulação vagal do coração, e não necessariamente um treinamento aeróbio mais prolongado leva a maiores alterações, podendo até mesmo acontecer um retorno dos índices da VFC ao estado de pré-treinamento (IWASAKI et al. 2003). Da mesma forma, Mourrot et al. (2003) mostraram que atletas com características de supertreinamento apresentavam a VFC semelhantes a pessoas sedentárias.

2.5. Métodos de determinação dos parâmetros mecânicos de nado

Segundo Toussaint et al. (2003), a mecânica de nado é um importante fator a ser analisado, sendo ele crucial no desempenho do nadador. O nado atado, apesar de ser

uma forma específica de desenvolvimento da força, é realizado na água e reproduz os movimentos realizados durante o nado livre, no entanto ainda é um método de treinamento criticado, provavelmente pela crença de que essa forma de treinamento estimule adaptações negativas na mecânica de nado (MAGLISCHO et al. 1988; LAVOIE et al. 1986).

Maglisho et al. (1984), afirmam que nessa forma de treinamento, os nadadores tem uma tendência a mudar o estilo de nado, tendo como características braçadas mais lentas e curtas, o movimento das pernas é realizado mais profundamente e ondulações do corpo no sentido lateral são observadas. Da mesma forma, Maglisho et al. (1985); Payton & Lauder, (1995); Takahashi & Wilson, (1997) verificaram que o afundamento das pernas no nado atado acarreta em alterações na angulação do corpo em relação à água, e como consequência, é necessário um aumento do esforço para manter o equilíbrio do corpo, uma vez que o nado atado é estacionário.

Maglisho (1999), apesar de sugerir o treinamento contra resistência para nadadores experientes, citou três trabalhos da década de setenta (GOOD, 1973; HUTINGER, 1970 e ROSS, 1973), em que não foi observado ganho adicional na velocidade de nado em decorrência dessa forma de treinamento. Além disso, os estudos que demonstraram ganhos com o treinamento em nado atado utilizaram somente protocolos de treinamento com alta intensidade (GIROLD et al. 2007).

Maglisho et al. (1985), Takahashi e Wilson (1997), Willians et al. (2001) e Llop et al. (2006); Gourgoulis et al. (2010) mostraram que durante essa forma de treinamento, o comprimento e a frequência da braçada apresentam uma diminuição.

Porém Gourgoulis et al. (2010), ao separar a braçada em fases em nado atado, mostraram que a fase de entrada da mão na água não havia diferença, no entanto, a primeira fase propulsiva (puxada) tinha aumentado a resistência em relação ao nado livre. Durante a segunda fase propulsiva (empurrada) foi observado um aumento significativo no tempo de execução dessa fase em relação ao nado livre, e na fase de recuperação do braço, houve uma queda na duração em relação ao nado livre. Apesar dos resultados encontrados, os autores concluíram o estudo sugerindo que o nado atado não altera a técnica de nado,

pelo menos em relação à orientação e movimentação das mãos. Ainda nesse sentido Dominguez-Castells & Arellano (2012), em seu estudo analisaram o efeito de diferentes cargas na braçada e nos parâmetros de coordenação durante o nado semi atado no estilo crawl, os resultados mostraram que a braçada e coordenação não sofreram grandes alterações pela carga imposta e concluíram que o nado atado é uma ferramenta útil na melhora de desempenho de nadadores, no entanto, as cargas impostas nessa forma de treinamento devem ser controladas e determinadas individualmente. Da mesma forma Mavridis et al. (2006), com o objetivo de examinar a influência de 12 semanas de treinamento atado (4 estilos oficiais) nos parâmetros de velocidade máxima e desempenho, verificaram que o grupo treinado apresentou melhora em ambos os parâmetros analisados, os autores concluíram que esse é um método de treinamento positivo para melhora da velocidade, sendo o mesmo recomendado para desenvolvimento da velocidade máxima.

A contradição encontrada na literatura sobre os efeitos no desenvolvimento da técnica no nado atado não deixam claro se as mudanças no estilo de nado atado são transferidas para o nado livre.

2.6. Métodos de quantificação das cargas de treinamento

Impellizzeri et al. (2005) propuseram um modelo teórico do treinamento, onde as adaptações geradas são resultado da carga interna de treinamento, a qual o organismo esta submetido, e a determinação da mesma tem grande influência da carga externa, a qual é relacionada as alterações de intensidade e volume feitos durante a periodização (IMPELLIZZERI et al. 2005; FREITAS et al.2013). Um dos princípios do treinamento é a alternância das cargas de treinamento (interna e externa) durante a periodização (NAKAMURA 2010). Impellizzeri et al. 2005; Freitas et al. 2013 destacam que características individuais (condicionamento, genético) terão grande influência na determinação da carga interna de treinamento, dessa forma a soma da carga externa e das características individuais determinarão a carga interna de treinamento.

Sendo assim o monitoramento da carga interna se torna indispensável visando à melhora do desempenho de atletas. A quantificação das cargas de treinamento foi proposta inicialmente por Banister et al.(1991) a qual foi denominada TRIMP (impulso

do treinamento) que de modo geral, é assumido como o produto duração do treinamento (min) e a frequência cardíaca média do exercício. No entanto pelo TRIMP utilizar uma frequência cardíaca média sua utilização se torna limitada exercícios intermitentes de alta intensidade (FOSTER 1998; FOSTER et al. 2001).

Edwards et al. (1993); Lucia (2003) ainda utilizando a FC propuseram novos métodos de quantificação de carga, primeiramente definindo cinco zonas de intensidade a partir da FC_{máx} (Zona 1: 50 a 60% da FC_{max}, Zona 2: 60 a 70% da FC_{max}, Zona 3: 70 a 80% da FC_{max}, Zona 4: 80 a 90% da FC_{max}, Zona 5: 90 a 100% da FC_{max})

onde a duração do treinamento em cada zona era multiplicado pelo seu respectivo valor, somando os resultados. Enquanto Lucia (2003) utilizando os limiares ventilatórios e as FCs respectivas a essas zonas determinaram três zonas de intensidade, zona 1 – abaixo do LV, zona 2 – entre o LV e o PCR e zona 3 – acima do PCR onde era multiplicada a duração do treinamento em cada zona pelo seu respectivo valor, somando os resultados. Seiler e Kjerland (2006) assim como Lucia (2003) propuseram três zonas, no entanto utilizando as [Lac]. Borrensen e Lambert (2008) apresentaram limitações desses métodos, uma vez que os menores e maiores valores de FC e [Lac] da mesma zona recebem o mesmo valor multiplicador, além disso, a variação de 1 bpm ou 0,1mM poderia ser o suficiente para aloca-los em diferentes zonas.

A prescrição das sessões de treinamento em natação geralmente é baseada nas cargas externas como o volume e a velocidade de nado (WALLACE, SLATTERY et al. 2009), dessa forma o aumento ou redução da carga de treinamento é baseado na carga externa desconsiderando a carga interna, no entanto segundo Wallace, Slattery et al. (2009); Moreira, Nakamura et al. (2010) a carga interna é determinante no estímulo necessário para gerar adaptações ao treinamento.

Nesse sentido a percepção subjetiva do esforço (PSE) é uma forma de quantificação da carga interna de treinamento proposto inicialmente por Foster et al. (1996), (2001), essa é uma ferramenta a qual representar a avaliação global de toda a sessão de treino, além de ser uma ferramenta de baixo custo e fácil aplicação (WALLACE, SLATTERY et al. 2009; MOREIRA, NAKAMURA et al. 2010, PSYCHARAKIS, 2011), não apresenta as limitações dos métodos apresentados anteriormente.

O cálculo da carga de treinamento, utilizando a PSE, fundamenta-se na multiplicação do valor da PSE, pela duração total da sessão de treinamento, a qual é expressa em unidades arbitrárias.

A quantificação de carga por meio da PSE tem apresentado alta relação com outros métodos utilizados como indicadores da carga interna, como consumo de oxigênio e FC (HERMAN et al. 2006), além disso a PSE tem sido validada com métodos que utilizam as respostas da concentração de lactato, de variáveis ventilatórias e de FC (BANISTER et al. 1991; EDWARDS 1993, LUCIA et al. 2003, SEILER e KJERLAND 2006).

As médias da correlação intraindividual de nadadores que tiveram a carga de treinamento definida pela PSE e por método de Banister et al. (1991), Edwards (1993) e Lucia et al. (2003) foram 0,74, 0,75, 0,77. Revelando dessa forma que a PSE quando utilizada em modalidades cíclicas pode ser uma ferramenta interessante. Wallace et al. 2009 apresentaram um estudo com nadadores, utilizando a FC para validar a quantificação de carga utilizando a PSE, e demonstraram que a mesma quando aumentada ou diminuída para uma mesma carga externa estava ligada a fadiga, ou adaptação positiva a treinamento respectivamente. Para nadadores uma vantagem desse método em relação à FC é que não é alterado quando o atleta encontra-se imerso na água.

Tem sido alvo de alguns estudos a PSE proposta pelo técnico e a PSE a qual o atleta reporta. Foster et al. (2001) e Wallace et al. (2009) apresentaram correlações significativas ($r= 0,74$ e $0,85$) entre os valores da PSE proposto pelo técnico e sentida pelo atleta em corrida e natação respectivamente, com esses dois estudos foi possível verificar que em intensidades moderada a percepção reportada pelos atletas é mesma proposta pelo técnico e em intensidades leve o técnico subestima a intensidade percebida pelo atletas e nas intensidades elevadas ocorre o inverso, dessa forma a PSE mostra-se como uma ferramenta interessante nos ajustes das intensidades durante o período de treinamento (KELLY e COUTTS 2007).

A sensibilidade da quantificação de carga feita através da PSE tem sido verificada em alguns estudos como no de Coutts et al. (2007) onde analisaram jogadores de *ruby* que tinham um volume de treinamento de aproximadamente 24 sessões por mês, os atletas foram separados em dois grupos o que treinava ao longo das semanas

intensificando o treinamento e grupo controle o qual tinha o treinamento normal, o grupo de intensificação apresentou maiores valores de PSE em comparação ao grupo controle, com exceção da última semana, onde a carga de treinamento foi reduzida e equiparada para os dois grupos. Outros autores têm verificado a sensibilidade da quantificação de cargas através da PSE e os mesmos apontam uma eficácia dessa ferramenta (COUTSS, STATTERY e WALLACE 2007; MOREIRA et al. 2009).

2.7. Distribuição das cargas de treinamento

A periodização do treinamento tem como objetivo a melhora do desempenho, utilizando diferentes combinações do volume e intensidade (STONE 1990). As principais características do treinamento que sofreram alterações durante décadas de análise do treinamento foram a redistribuição na intensidade treinamento, os quais apresentaram ênfase no treinamento abaixo do primeiro limiar de lactato, um aumento no volume total de treinamento de $\cong 20\%$ e aumento considerável do treinamento em altitude durante o ano.

Durante muitos anos a intensidade de exercício foi baseada nas respostas de FC e nas respostas ventilatórias durante os exercícios, através dessas respostas era possível determinar três zonas de intensidade. Na zona 1 características como baixa intensidade, sendo abaixo do limiar ventilatório, zona 2 onde a intensidade é moderada, permanecendo entre limiar ventilatório e ponto de compensação respiratória e zona 3, intensidade elevada, acima do limiar ventilatório (LUCIA et al. 1999, 2003; ESTEVE-LANAO et al. 2007).

Nos estudos que investigam as respostas fisiológicas e de desempenho aeróbio, observa-se duas correntes de investigação (SEILER e KJERLAND 2006). Uma onde as distribuições das cargas de treinamento seguem o modelo no limiar, a qual tem verificado que o treinamento de alta intensidade, promove ganhos similares nos parâmetros aeróbios (BURGOMASTER et al. 2005, 2006, 2006a, 2007; 2008; RAKOBOWCHUK et al. 2008) e outra que segue o modelo polarizado que tem demonstrado que o treinamento com elevado volume e baixa intensidade ($[\text{Lac}] < 2\text{mM}$) tem promovido maiores ganhos aeróbios (SEILER et

al. 2006; ESTEVE-LANAO et al. 2007; SEILER & KJERLAND, 2006) (figura 1).

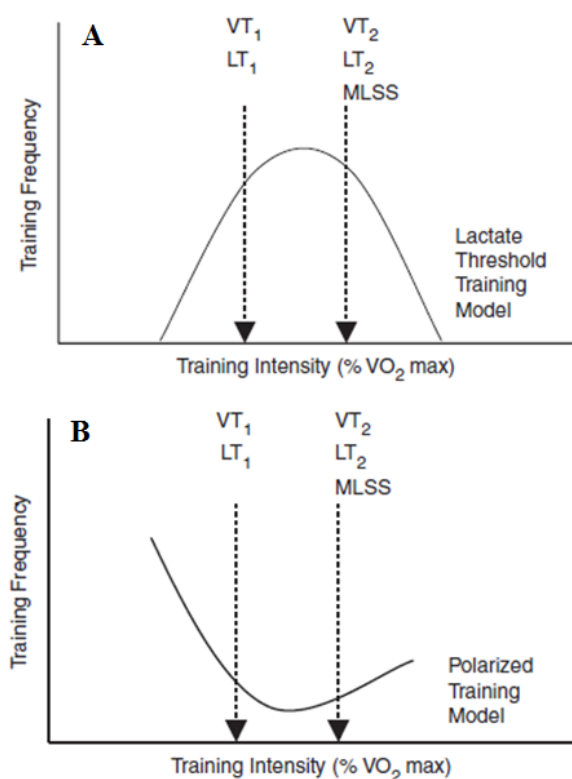


Figura 1. Distribuição do treinamento de acordo com: A- modelo no limiar, B- modelo periodizado.

No modelo de polarizado, a quantificação da intensidade do treinamento de ciclistas de elite demonstraram que a maior porcentagem do treinamento era realizado em baixa intensidade (SEILER e KJERLAND 2006), da mesma forma Esteve Lanao et al. (2005) demonstraram que corredores de resistência de nível regional e nacional gastavam $\cong 71\%$ do treinamento em baixa intensidades (Z1), além disso, associaram a melhora na desempenho em eventos curtos a esse modelo de treinamento. Esteve-Lanao et al. (2007) compararam os efeitos do treinamento predominantemente realizado abaixo (Z1) e na intensidade próxima ao limiar anaeróbio (Z2) dividindo doze corredores sub elite em G_{Z1} e G_{Z2} . As intensidades do treinamento foram definidas por meio da frequência cardíaca correspondente ao limiar ventilatório (G_{Z1}) e ponto de compensação respiratória (G_{Z2}) em teste realizado no início do estudo. O grupo G_{Z1} teve um volume de treinamento significativamente superior em Z1 ($80,5 \pm 1,8\%$) com relação ao G_{Z2} ($66,8 \pm 1,1\%$), que teve significativamente mais sessões em Z2 ($24,7 \pm 1,5\%$ vs

11,8±2,0% do G_{Z1}). Todas as sessões apresentaram impulso de treinamento semelhante (TRIMP) entre os grupos, e o volume em Z3 também foi semelhante ($G_{Z1} = 8,3 \pm 0,7\%$ e $G_{Z2} = 8,5 \pm 1,0\%$). Os resultados demonstraram que a melhora no desempenho aeróbio (10,4 km de corrida cross-country) do G_{Z1} (-157±13s) foi significativamente superior ao G_{Z2} (-121,5±7,1s). Muñoz et al. (2013) objetivaram descrever a carga de treinamento durante o *Iroman* e observar as correlações com o desempenho e demonstraram que maior carga de treinamento em Z1 era correlacionado positivamente com o desempenho, enquanto que a maior distribuição de carga em Z2 foi negativamente correlacionado com o desempenho.

Corroborando com estes achados, Seiler (2007) em revisão de literatura, observou evidências de que a distribuição de aproximadamente 80% e 20% para os treinamentos de baixa (<2mM de lactato) e alta intensidade (>4mM de lactato), parece proporcionar resultados mais expressivos a longo prazo em atletas de *endurance*. Ainda nesse sentido Yu et al. (2012) mostraram que treinamentos distribuídos predominantemente em Z1 (85%), apresentaram reduções nas concentrações sanguíneas de lactato para uma mesma intensidade, aumentos no VO_{2max} e por consequência melhora no desempenho. Da mesma forma, Neal et al. (2013) observaram melhoras no limiar anaeróbio, na potência pico e no desempenho de ciclistas que treinaram 80, 0 e 20% nas Z1, Z2 e Z3 respectivamente em comparação ao grupo que treinou em 57, 43 e 0%) para Z1, Z2 e Z3 respectivamente,.

Em sujeitos destreinados tem sido demonstrado que o treinamento de dois a três meses com uma frequência de quatro a cinco sessões por semana na intensidade abaixo do primeiro limiar metabólico (Z1), induz melhoras significativas no VO_{2max} , no limiar de lactato e ventilatório, além da melhora no desempenho (KINDERMANN et al.1979; DENIS et al.1984; LONDEREE et al.1997 e GASTKILL et al. 2004). Muñoz et al. (2013) ao analisarem corredores recreacionais mostraram uma melhora no desempenho decorrente de ambos os modelos de treinamento, no entanto o modelo polarizado apresentou melhores resultados do desempenho em relação ao modelo no limiar. Seiler et al. (2010) tem sugerido que o modelo de treinamento polarizado pode ser efetivo em resultados a longo prazo e também pode ser efetivo em adaptações psicológicas em atletas, tendo em vista que essa forma de distribuição das cargas pode evitar a monotonia do treinamento (FOSTER e LEHMANN 1997).

Um parâmetro de extrema relevância para o treinamento é o período de recuperação (FOSTER e LEHMANN 1997). Seiler et al. (2007) analisaram o período de recuperação do treinamento, e demonstraram não existir diferença entre o período de recuperação do treinamento de alta intensidade (Z3) e treinamento moderada intensidade (Z2), no entanto para o treinamento de baixa intensidade (Z1) o período de recuperação era curto, dessa forma sugerindo que a recuperação do treinamento polarizado pode ser mais curta que a recuperação do modelo no limiar.

A distribuição da carga de treinamento que segue o modelo no limiar, como por exemplo, na natação onde a intensidade parece ser o fator chave e não o volume (MUJIKÁ et al. 1995; MUJIKÁ, 2010). Alguns estudos tem demonstrado uma melhora significativa em pessoas destreinadas quando treinam na intensidade do limiar (KINDERMANN et al. 1979, GASKILL et al. 2001). Costill et al. (1988) ao analisarem os efeitos da duplicação do volume (4260m para 8790 m), não verificaram ganhos adicionais no desempenho após o curto período de treinamento (10 dias). Esses mesmos autores também não constataram ganhos adicionais no desempenho após 6 semanas de treinamento com o volume duplicado (duas sessões diária $\cong$ 3h) em comparação aos nadadores que treinaram apenas uma sessão ($\cong$ 1,5h), mesmo após a realização do período de polimento (COSTILL et al. 1991). Por outro lado, Faude et al. (2008) ao compararem dois modelos de treinamentos com duração de 4 semanas com manipulação das variáveis volume e intensidade seguido de um período de polimento idêntico, concluíram que o treinamento de elevado volume não promove ganhos adicionais nas respostas fisiológicas, psicológicas, mecânicas e no desempenho sobre o grupo de nadadores que treinou com volume reduzido e intensidade aumentada.

2.8. Modelos de treinamento periodizado

Apesar das recentes descobertas sobre as diferentes distribuições de intensidades de treinamento em atletas de elite (YU et al. 2012; SEILER e KJERLAND, 2006), a periodização estabelecida sofreu poucas alterações (ISSURIN, 2010). Lev P. Matveyev (1964) é considerado o fundador da teoria do treinamento periodizado, que, pode ser

definido como a subdivisão da temporada em ciclos menores de treinamento (ISSURIN, 2010).

Segundo Issurin (2010) as premissas básicas para o treinamento periodizado são (i) a relação carga/recuperação visando o conceito de supercompensação; (ii) os princípios gerais de treinamento periodizado; (iii) a hierarquia dos ciclos de treinamento periodizado e (iv) variações nos ciclos anuais.

A relação carga/recuperação foi primeiramente proposta pelo bioquímico Yakovlev (1955) que demonstrou a supercompensação após um único exercício. Logo após uma sessão de exercício a capacidade física e/ou concentração de substratos energéticos (creatina fosfato e glicogênio) diminuem (Figura 2) e, após o período de recuperação, a capacidade física e concentração de substratos aumenta além da situação prévia (figura 2) (MATSUI et al. 2012).

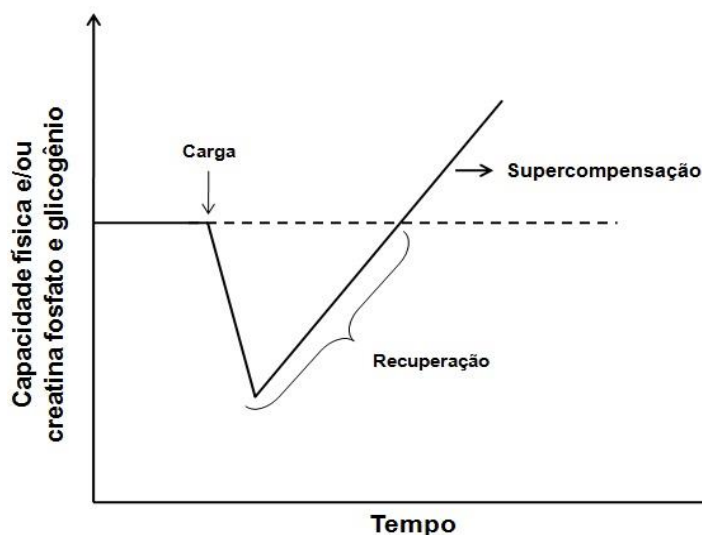


Figura 2. Relação carga/recuperação e supercompensação após exercício único.

Dentre os princípios do treinamento periodizado, a sobrecarga (interdependência volume/intensidade) e adaptação estão implícitos, de certa forma, na figura 2. Issurin (2010) ainda ressalta o princípio da variabilidade de estímulos (carga e recuperação) (“*wave-shape workloads*”) e o caráter cíclico da adaptação. Destaca também que o treinamento deve ser específico de acordo com os objetivos do momento da periodização (condicionamento geral e específico). Segundo o autor o princípio da continuidade pode ser considerado comum, já que, a maioria dos atletas de elite treinam em níveis profissionais ou semi profissionais.

Como proposto por Matveyev (1964), as hierarquias de treinamento podem ser divididas em preparação em vários anos, que consiste em ciclos de dois à quatro anos, geralmente culminando com Jogos Olímpicos. Posteriormente estão os macrociclos que podem durar de meses até um ano e consiste em período preparatório, competitivo e de transição. Os últimos dois da hierarquia dos ciclos de treinamento são os mesociclos que são considerados ciclos médios de treinamento e que consistem em vários microciclos (alguns dias ou uma semana).

Segundo Issurin (2010) a periodização tradicional é limitada, pois durante o período preparatório é necessário o desenvolvimento de muitas capacidades importantes para o atleta (aptidão aeróbia, força e resistência muscular, coordenação geral, velocidade geral, preparação básica mental e tática e tratamento de prevenção), sendo necessário um treinamento com múltiplos objetivos. Além disso, a periodização tradicional limita a participação do atleta em várias competições (ISSURIN, 2010), devido à periodização com dois a três picos de desempenho anuais (MATVEYEV, 1981).

Partindo desse modelo tradicional algumas tentativas foram feitas para reformar e justificar o modelo tradicional, sendo distinguidas em modelos lineares e não lineares (FLECK e KRAEMER, 1987).

Segundo de Araujo et al. (2010), o modelo periodizado linear envolve um longo macrociclo com maior volume no início e maior intensidade no fim de treinamento e objetiva um único pico de desempenho (ISSURIN, 2008). O método tradicional aumenta as habilidades básicas no período preparatório, podendo apresentar, após o período específico (competitivo) e de polimento, redução das capacidades básicas (de ARAÚJO et al. 2010). Os autores (de Araújo et al. 2010) verificaram o efeito de 12 semanas de treinamento periodizado linear (seis semanas de preparatório básico, 4,5 semanas de preparatório específico e 1,5 semanas de polimento) em ratos Wistar. A capacidade anaeróbia não alterou no grupo treinado enquanto que sofreu uma redução do grupo controle. Após o período preparatório básico a aptidão aeróbia apresentou-se maior no grupo treinado. O conteúdo de glicogênio no fígado aumentou após o período preparatório específico e polimento. O desempenho aeróbio e anaeróbio foi reduzido durante todos os períodos no grupo controle. O período de polimento foi efetivo em reduzir os marcadores de estresse, se mostrando efetivo para a recuperação dos ratos

após o período de alta intensidade e aumento dos estoques de glicogênio muscular (de Araújo et al. 2010)

Nesse sentido, Papoti et al. (2007), isolando o efeito raspagem dos pelos, observaram o efeito do polimento na força em nado atado e desempenho após um programa de dez semanas de treinamento. Ao contrário de Araújo et al. (2010), Papoti et al. (2007) realizaram uma redução não linear (“*wave shape*”) no volume sem alteração na intensidade e frequência de treinamento. O polimento aumentou o desempenho nos 200m nado livre ($1,42 \pm 0,09 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e $1,44 \pm 0,09 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $p < 0,05$) e na força em nado atado ($86,56 \pm 13,05 \text{ N}$ e $89,88 \pm 16,05 \text{ N}$; $p < 0,05$), independentemente da raspagem pré competição.

Contradizendo a visão tradicional do modelo de treinamento periodizado proposto por Matveyev (1981), Verchoshansky (1985) propôs uma metodologia que objetivou atender às necessidades dos atletas dos anos 1980 (Bartolimei et al. 2014). Essa metodologia é feita de vários mesociclos, cada um com um objetivo único (Bartolimei et al. 2014, Issurin, 2010). A sequência dos mesociclos é organizada logicamente, pois prepara o atleta para o bloco seguinte. Em uma revisão, Issurin (2010) explicitou os fundamentos da periodização em bloco (PB). Segundo o autor o efeito acumulativo e residual do treinamento são os pilares que sustentam essa metodologia. O efeito acumulativo refere-se à mudanças nas capacidades e níveis fisiológicos e técnicos, resultados de uma preparação atlética de longo prazo (Issurin, 2008).

A PB permite a preparação e manutenção das características básicas e específicas durante toda a temporada (Issurin, 2008). O efeito residual do treinamento refere-se à retenção de mudanças induzidas pelas cargas sistemáticas além de certo período após a finalização do treinamento (Issurin, 2008). Contudo, o efeito residual deve ser altamente investigado e controlado haja vista possibilidade de destreinamento durante os vários blocos com objetivos específicos (Mujika e Padilha, 2001), enquanto que o treinamento tradicional direciona, pelo menos, parte do treinamento para grande parte das habilidades específicas e gerais do esporte (Issurin, 2010)

Em atletas de elite Rønnestad e Ellefsen (2014) investigaram o efeito de quatro semanas de treinamento em bloco e o treinamento tradicional no VO_2max , potência aeróbia máxima e potência à $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$. O treinamento em bloco foi composto de uma semana de alta intensidade (seis treinos alternados em 6 x 5 e 5 x 6 minutos com

objetivo de gerar a maior potência média durante o treino) e as outras três semanas de treinamento tradicional (treino de baixa intensidade e alto volume), enquanto que o grupo de treinamento tradicional realizava, além do treino de alto volume, duas sessões semanais de alta intensidade. Mesmo com uma sensação de dores musculares maiores na primeira semana para o grupo de periodização em bloco, a potência aeróbia máxima, VO_2max e potência à $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ aumentaram, sem alteração no grupo de treinamento tradicional. Em todas essas variáveis a análise de tamanho do efeito demonstrou um efeito moderado a alto de diferença entre os grupos. Buscando a interferência desse treino com o desempenho na prova, Rønnestad et al. (2012) verificaram a diferença dos mesmos tipos de treinamento sobre o desempenho de 40 minutos. Além das diferenças serem semelhantes ao estudo de Rønnestad e Ellefsen (2014), a melhora relativa no desempenho de 40 minutos não foi diferente entre os grupos, contudo, demonstrou um tamanho do efeito moderado do PB comparado ao modelo tradicional. Contudo novos estudos devem ser conduzidos, pois o modelo tradicional utilizado foi constante e sem alteração de carga durante as quatro semanas. Enquanto que o PB sofreu uma redução na carga interna dos atletas durante a periodização, o que pode ter causado um aumento no desempenho nas variáveis estudadas.

Entretanto, em estudo ainda não publicado Bartolomei et al. (2014) compararam 15 semanas de treinamento (PB e tradicional) de força em atletas. No final da periodização do treinamento tradicional os autores realizaram um período dedicado à recuperação (apenas dois treinamentos leves), mesmo assim, o PB apresentou-se mais eficiente em aumentar a relação força x velocidade. Esse modelo de treino de força (PB) pode ser superior para atletas que participam de esportes de contrações musculares rápidas (Bartolomei et al. 2014). Dessa forma, o PB parece ser um interessante modelo de periodização, contudo a sua utilização em estudos de longo prazo e, seus efeitos em marcadores de lesão ainda precisam ser mais investigados.

3. MOTIVAÇÃO CIENTÍFICA

Considerando a carência na literatura de pesquisas que investigaram os efeitos dos métodos de treinamentos que objetivam o desenvolvimento da força em nado atado juntamente com resultados contraditórios relacionados às formas de distribuição das cargas de treinamento em natação, pode-se formular a seguinte pergunta central:

Existem diferenças nas respostas fisiológicas, bioquímicas, autonômicas e desempenho de nadadores submetidos a treinamentos com mesma carga, mas diferentes relações entre volume e intensidade?

4. OBJETIVO GERAL

Investigar as respostas fisiológicas, bioquímicas, autonômicas e o desempenho de nadadores submetidos a modelos de treinamentos com diferentes combinações de volume e intensidade, mas com carga equiparada, seguida do mesmo período de polimento.

4.1. Objetivos Específicos

1) Sistematizar três sessões de treinamento em nado atado realizadas nos domínios fisiológicos, moderado (Z1), pesado (Z2) e severo (Z3), com equiparação das cargas internas e externas;

2) Verificar as respostas agudas dos parâmetros relacionados aos estados anabólico, catabolismo e de dano muscular;

3) Investigar os efeitos crônicos de curto prazo (sete semanas) de dois modelos de treinamento em nado atado com carga equiparada mas diferentes relações entre volume e intensidade, seguido de um período idêntico de polimento sobre parâmetros fisiológicos, bioquímicos, autonômicos e desempenho de nadadores.

5. ABORDAGEM EXPERIMENTAL DO PROBLEMA

Para contemplar a pergunta central da presente dissertação, foi necessário a realização de dois experimentos (estudo piloto e estudo 1) que tiveram como objetivos fornecer informações relacionadas aos métodos de quantificação das cargas internas e externas bem como as respostas agudas das sessões de treinamento em nado atado com carga equiparada. Esses estudos prévios possibilitaram a seleção dos métodos de quantificação das cargas internas e externas do treinamento bem como a compreensão das respostas agudas dos parâmetros fisiológicos, bioquímicos e autonômicos de diferentes estímulos de treinamento. Essas informações compuseram a “base de conhecimento” para a investigação das respostas crônicas de curto prazo (sete semanas) dos mesmos parâmetros e suas possíveis associações com o desempenho (Figura 3).

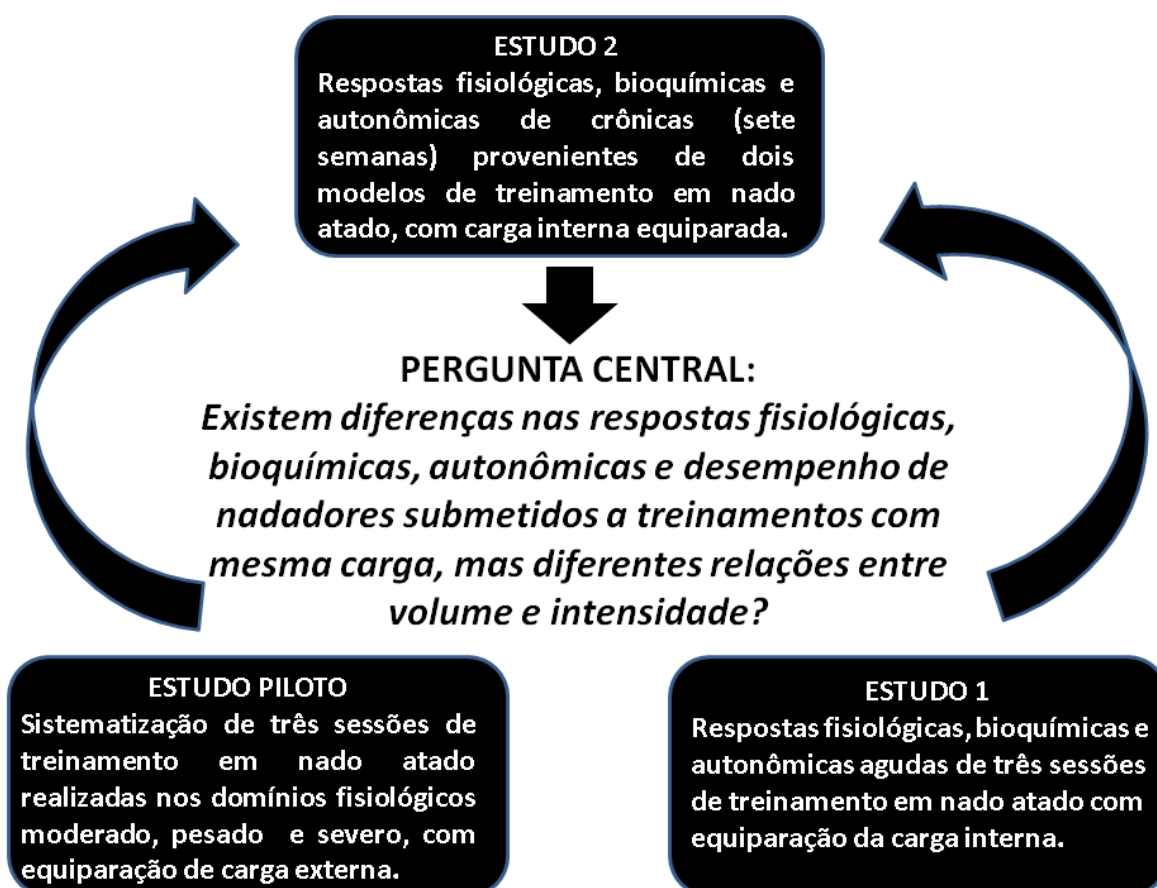


Figura 3. Esquema geral dos estudos que foram realizados para responder a pergunta central que motivou a realização da presente dissertação de mestrado.

TRABALHOS CIENTÍFICOS: ESTUDO PILOTO

6. ESTUDO PILOTO

6.1. Problema e objetivo: estudo piloto

Embora sessões em nado atado possam ser utilizadas para a realização de esforços mais contínuos, específicos para nadadores de águas abertas, e para o desenvolvimento da força realizada durante a braçada, ainda não são encontrados estudos que investiguem as respostas agudas induzidas por diferentes sessões de treinamento. Desse modo, o objetivo do presente estudo piloto foi investigar as respostas fisiológicas e bioquímicas induzidas agudamente por sessões de treinamento realizadas em isocarga, determinada pela carga externa (intensidades relativas ao LAN).

6.2. Objetivos específicos do estudo piloto

1) Sistematizar três sessões de treinamento em nado atado realizadas nos domínios fisiológicos moderado (Z1), pesado (Z2) e severo (Z3), com cargas equiparadas.

2) Verificar as respostas agudas das concentrações de lactato ([Lac]), das concentrações séricas de creatina kinase, ácido úrico, lactato desidrogenase, testosterona e cortisol, observadas após sessões nos diferentes domínios fisiológicos realizadas com cargas equiparadas.

6.3. Materiais e Métodos: Estudo Piloto

Participantes

Seis nadadores ($15 \pm 1,18$ anos; estatura de $162,83 \pm 5,15$; peso corporal de $60,41 \pm 7,54$ Kg; massa magra total de $37,99 \pm 3,65$ Kg e percentual de gordura de $32,78 \pm 4,97$) participaram voluntariamente do presente estudo, os nadadores tinham um tempo mínimo de natação de dois anos e treinavam um volume médio de 8000m e frequência semanal de seis sessões. Todos os riscos e benefícios do estudo foram apresentados aos nadadores. Participaram do estudo apenas aqueles atletas que concordaram por escrito com o termo de consentimento livre e esclarecido. O termo foi assinado pelos responsáveis, quando necessário (idade <18 anos).

Desenho experimental

Os nadadores foram avaliados durante cinco dias. Entre cada avaliação, foi respeitado um período mínimo de 48h. Foi realizado um esforço máximo de 5s em nado atado para determinação da força máxima ($F_{m\acute{a}x}$) (primeiro dia). No segundo dia os nadadores foram submetidos a um teste incremental para determinação do limiar anaeróbio (LAN) e da máxima força alcançada durante o teste incremental (MFTI). Nos três dias subsequentes os nadadores realizaram, em ordem randômica, sessões de treinamento em cada domínio de intensidade (moderado; Z1, pesado; Z2 e severo; Z3), com equiparação de carga. Durante as sessões, foram determinadas as [Lac] e a percepção subjetiva de esforço (PSE). Antes e após a realização das sessões de treinamento, foram obtidas as variáveis fisiológicas através da [Lac], bioquímicas e autonômicas.

Instrumentação para determinação da força

A força realizada durante todos os esforços foi mensurada por meio de um dinamômetro (HOMIS 2100, São Paulo - Brasil), que possuía uma célula de carga (capacidade de 100 kg) como elemento sensor primário. Previamente ao início das avaliações, a linearidade do sistema de aquisição de força foi testada por meio da sobreposição de pesos conhecidos. A sobrecarga média foi de $504,30 \pm 1,54$ g, realizada 18 vezes a cada dois minutos de mensuração, totalizando 9077,36 g. A média dos últimos 15 pontos (30 s) de cada carga, foi utilizada para a construção da relação entre o peso lido pelo dinamômetro (N) e o peso colocado (g) (Figura 4). A equação resultante (Eq. 1) teve coeficiente de determinação perfeito ($R^2 = 1$). Além disso, o erro de estimativa do coeficiente angular foi de 0,5% e do coeficiente linear foi de 3%. A partir destes resultados, concluímos que o sistema que foi utilizado para a mensuração da força em nado atado apresenta linearidade satisfatória.

Eq. 1. $PL = (9,785 * PC) - 0,0755$

Onde: PC= peso colocado e PL = peso lido pelo dinamômetro.

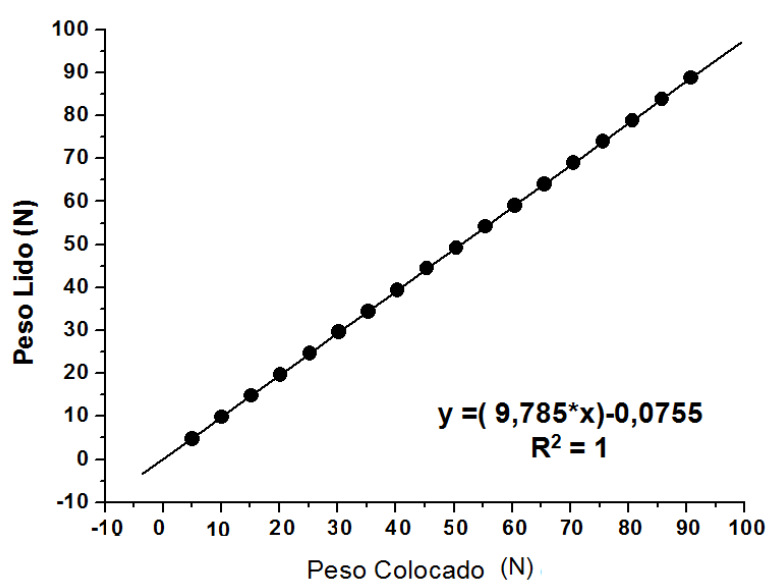


Figura 4. Relação entre o peso lido e o peso colocado resultante do experimento realizado para testar a linearidade do sistema de mensuração da força.

Durante os esforços, os atletas foram conectados ao sistema de mensuração da força por meio de uma corda elástica com seis metros de comprimento (Auriflex nº204, São Paulo, Brasil) amarrada na cintura do nadador (Figura 5). A célula de carga foi fixada no bloco de saída da piscina. Os valores de força foram obtidos a cada dois

segundos e armazenados em um software específico (Lutron SW-U801, Taipei - Taiwan).

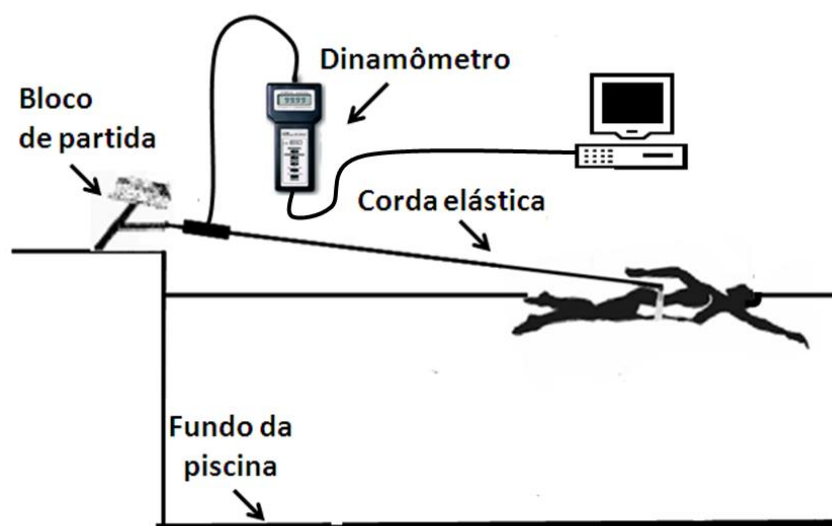


Figura 5. Desenho esquemático do posicionamento do nadador e dos equipamentos utilizados para a mensuração da força durante o esforço máximo de três minutos.

Determinação da força máxima

Para a determinação da força máxima, a corda elástica foi substituída por um fio de aço inextensível com seis metros de comprimento. Apenas o valor de força pico foi registrado durante um esforço de 5s realizado na máxima intensidade. A força das duas primeiras braçadas foi descartada para que o efeito do pico de força após a inércia fosse anulado. A força máxima foi equivalente à média dos valores pico evidenciados em dois esforços separados por um período mínimo de 20 min.

Teste incremental

O teste incremental foi realizado até a exaustão voluntária ou até o nadador ser incapaz de sustentar a força pré-determinada por mais de 10 s. O teste incremental teve intensidade inicial de 20 N e incrementos de 10 N a cada três minutos. A força durante o nado foi monitorada durante todo o teste e os incrementos foram realizados por meio de

marcações no fundo da piscina, semelhante aos utilizados por Pinna et al. (2012) e Papoti et al. (2011).

A força real para cada estágio foi assumida como a média dos valores observados no último minuto de esforço. A maior força obtida em um estágio completo de esforço no teste incremental foi considerada como força pico (MFTI). No caso do atleta ter entrado em exaustão antes do termino do estágio, a MFTI foi calculada pela equação proposta por Kuipers et al. (1985), adaptada ao nado atado (PAPOTI et al. 2012). O LAN foi assumido como a intersecção de dois componentes lineares, obtidos da relação entre a intensidade e as [Lac] (i.e. modelo bi-segmentado) (Figura 6).

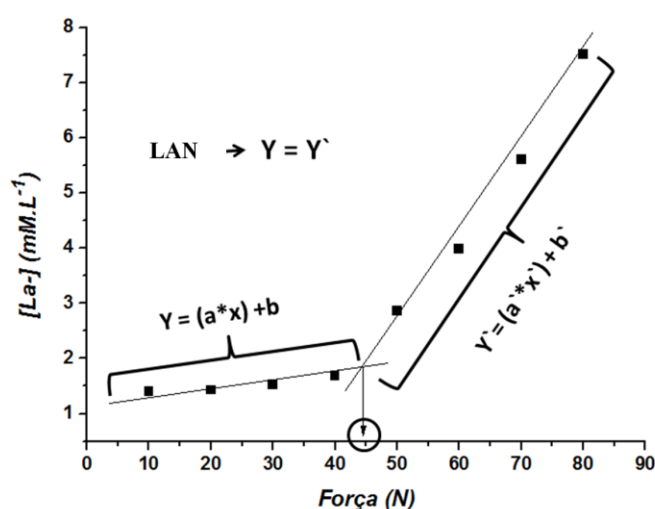


Figura 6. Esquema da determinação do limiar anaeróbio (LAN) utilizando regressão de dois componentes lineares (i.e. modelo bi-segmentado; PAPOTI et al. 2010) .

Sistematização e quantificação dos esforços nos diferentes domínios de intensidade

As intensidades de treinamento dos domínios moderado (Z1), pesado (Z2) e severo (Z3) foram baseadas nos valores de LAN obtidos durante o teste incremental. A tabela 1 caracteriza os esforços realizados durante as sessões de treinamento realizadas nos três domínios fisiológicos. Desse modo, a sessão de treinamento sub limiar (moderado; Z1) foi composta por quatro esforços de 10min com intensidade correspondente a 75% do LAN, com 1min de intervalo entre os esforços. A sessão de treinamento na intensidade de LAN (pesado; Z2) consistiu na realização de seis esforços

com duração de 5min separados por 1min de intervalo e intensidade correspondente a 100% do LAN totalizando, portanto 30min de esforço. O treinamento supra limiar (severo; Z3) foi composto de 10 esforços com duração de 2min separados por intervalo passivo de 1min e intensidade de 150% do LAN.

A quantificação do impulso de treinamento (TRIMP), proposta inicialmente por Banister et al. (1991) (equação 2), foi adaptada ao nado atado. Para isso, a variável Y não foi considerada e a variável FC foi substituída pela porcentagem do LAN obtido durante o teste incremental (equação 3). A tabela 1 apresenta os valores de TRIMP para cada sessão de treinamento.

Eq2. $TRIMP = DT \times ((FC_{ex}-FC_{rep})/(FC_{max}-FC_{rep})) \times Y$ onde;

Onde: DT = Duração da sessão de treinamento (min); FC_{ex} = frequência cardíaca durante o exercício, FC_{max} = frequência cardíaca máxima e FC_{rep} = frequência cardíaca de repouso; Y= é o fator de peso que enfatiza o exercício de alta intensidade e é baseado no perfil lactacidêmico relativo ao aumento de intensidade de exercício de homens e mulheres treinadas.

Eq. 3 $TRIMP = DT \times \%LAN$

Onde: DT = Duração da sessão de treinamento e %LAN = percentual do LAN.

Tabela 1. Caracterização das sessões de treinamento nos domínios moderado (Z1), pesado (Z2) e severo (Z3).

	Nºrep	Desf (min)	Irep (min)	%LAN	TRIMP (ua)
Z1	4	10	1	75	3000
Z2	6	5	1	100	3000
Z3	10	2	1	150	3000

Nºrep: número de repetições; Desf: duração dos esforços; Irep: intervalo de repouso; Int: intensidade relativa; TRIMP: impulso do treinamento.

Coleta de sangue

Foram coletados, com auxílio de um enfermeiro credenciado, seguindo-se todos os cuidados de higiene e assepsia, 20 ml de sangue da veia antecubital direita, antes, após uma hora e 24 horas após as sessões de treinamento. O sangue foi coletado diretamente em tubo heparinizado e em seguida, centrifugado por 15 minutos, a 300 x g para separação do plasma e células sanguíneas. O plasma foi armazenado a -70°C em tubos de polietileno do tipo *eppendorf* para posterior análise.

Para determinação da [Lac] após as sessões agudas de treinamento, o pesquisador responsável pelo projeto de pesquisa realizou assepsia com álcool 70% para posterior punção manual do lóbulo da orelha com lanceta picadora (Wiltex) de aço inox, esterilizada com Raio Gamma de uso único. Durante os procedimentos de assepsia, punção manual e coleta das amostras sanguíneas, luvas para procedimento em látex (Lemgruber) foram utilizadas. Vinte e cinco microlitros (25µL) de sangue foram retirados do lóbulo da orelha em tubos capilares previamente calibrados e heparinizados. As amostras foram imediatamente depositadas em tubos Eppendorf de 1,5mL contendo 50 µl de Fluoreto de Sódio (NaF-1%), para posterior análise da lactacidemia em um lactímetro eletroquímico (Yellow Springs Instruments modelo 1500 Sport, Ohaio, USA). Após a determinação das concentrações sanguíneas de lactato, as lancetas picadoras e todo o material utilizado durante as coletas foram descartados em coletor de perfuro cortante (Descarpak – 7litros) para posterior depósito em lixo biológico.

Determinação dos níveis de Cortisol e Testosterona: O cortisol foi determinado pelo método quimiluminescência, por meio de *kits* de fase sólida, com anticorpo marcado, específico para cortisol. Já para os níveis de testosterona, foi utilizado o método de radiomunoensaio de fase sólida, baseado em anticorpo específico de testosterona fixado na parede do tubo de polipropileno (NOGUEIRA et al. 1990).

Atividade Plasmática da Creatina kinase (CK): As análises de CK foram feitas por meio do kit “MPR3 CK NAC-ativado” (Boehringer Mannheim). A solução tampão (frasco de 2,5 mL) e um comprimido reativo específico foram expostos ao banho-maria (37°C) até a dissolução completa do comprimido. Em seguida, 50 µl de plasma foram

adicionados a solução reativa, deixando novamente a mistura em banho-maria (37°C) por um minuto. De forma imediata, foram realizadas quatro leituras das absorbâncias de uma mesma amostra a 334 nm, com um minuto de intervalo entre uma leitura e outra, para que seja obtido um valor Δ . O cálculo da atividade de CK (U/L) na amostra será feito pela equação $CK_p = 8252 \times \Delta \text{absorbância/minuto}$.

Lactato desidrogenase (LDH): O método cinético – UV (kit Advia, Bayer, EUA) foi utilizado para determinação da atividade de LDH. Os reagentes e amostras foram expostos a temperatura ambiente, foi selecionada a temperatura de 37°C e o comprimento de onda a 340nm, tendo a cubeta 1 cm de passagem de luz.

Concentração Ácido Úrico: As análises para determinação da concentração de ácido úrico no plasma foram conduzidas de acordo com Town et al. (1985), por meio do Kit específico Roche. As amostras foram Homogeneinizadas e colocadas em banho-maria 37°C por 5 minutos. Foi lida a absorbância da Amostra e do Padrão em 505 nm (490 - 540 nm), acertando o zero com o Branco. A cor é estável por 30 minutos. O cálculo para determinação do ácido úrico na amostra foi feita pela equação $\text{Ácido úrico} = \text{absorbância da amostra} \times 6 / \text{absorbância padrão}$.

Tratamento estatístico

Primeiramente a normalidade dos dados foi testada e confirmada por meio do teste de Shapiro-Wilk, permitindo a demonstração dos dados por meio de média $\pm$ desvio padrão. A esfericidade dos dados foi verificada por meio do teste Mauchly, caso a esfericidade não fosse assumida os valores seriam corrigidos por meio do teste Greenhouse-Geiser, permitindo a utilização de estatística paramétrica. A comparação entre os parâmetros obtidos entre os diferentes modelos de treinamentos foi realizada por meio da ANOVA two-way, seguida do post-hoc de Tukey, quando necessário. O nível de significância foi fixado em $p < 0,05$.

6.4. Resultados: Estudo Piloto

A Fmax, MFTI e o LAN foram de $120,97 \pm 24,75$ N, $52,66 \pm 4,76$ N e $37,12 \pm 7,43$ N, respectivamente. O MFTI ficou a $44,81 \pm 8,94\%$ da Fmax e o LAN a $31,29 \pm 7,08\%$ da Fmax e $44,81 \pm 8,94\%$ da MFTI. Foi possível a determinação do LAN para todos os participantes.

A concentração de lactato na Z3 foi significativamente diferente da Z1 ($p=0,008$) e Z2 ($p=0,004$) (Figura 7). Da mesma forma, a PSE na Z3 ($16,38 \pm 1,50$) diferiu significativamente da Z1 ($8,25 \pm 1,86$) e Z2 ($12,07 \pm 2,27$), e a Z2 foi diferente da Z1.

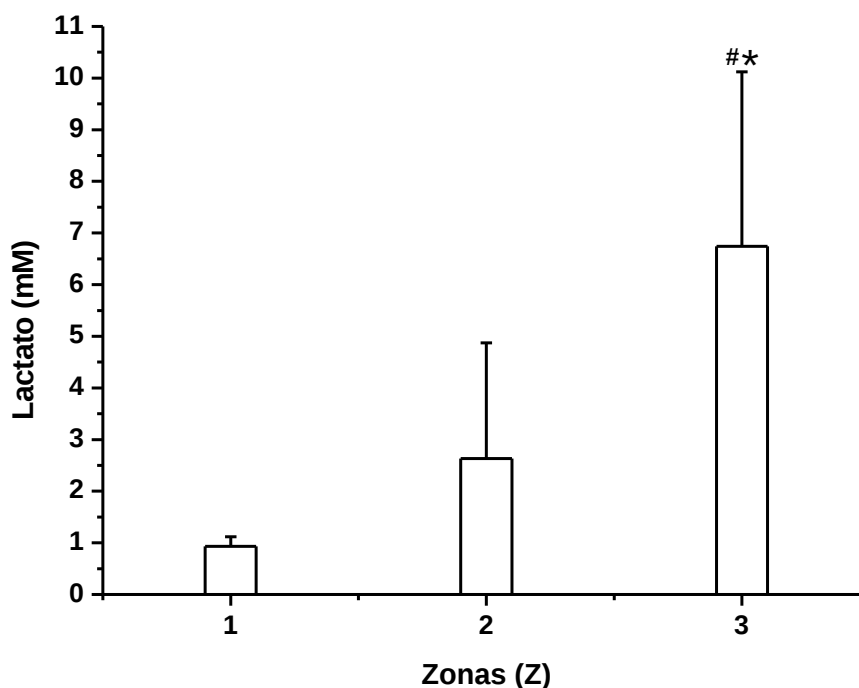
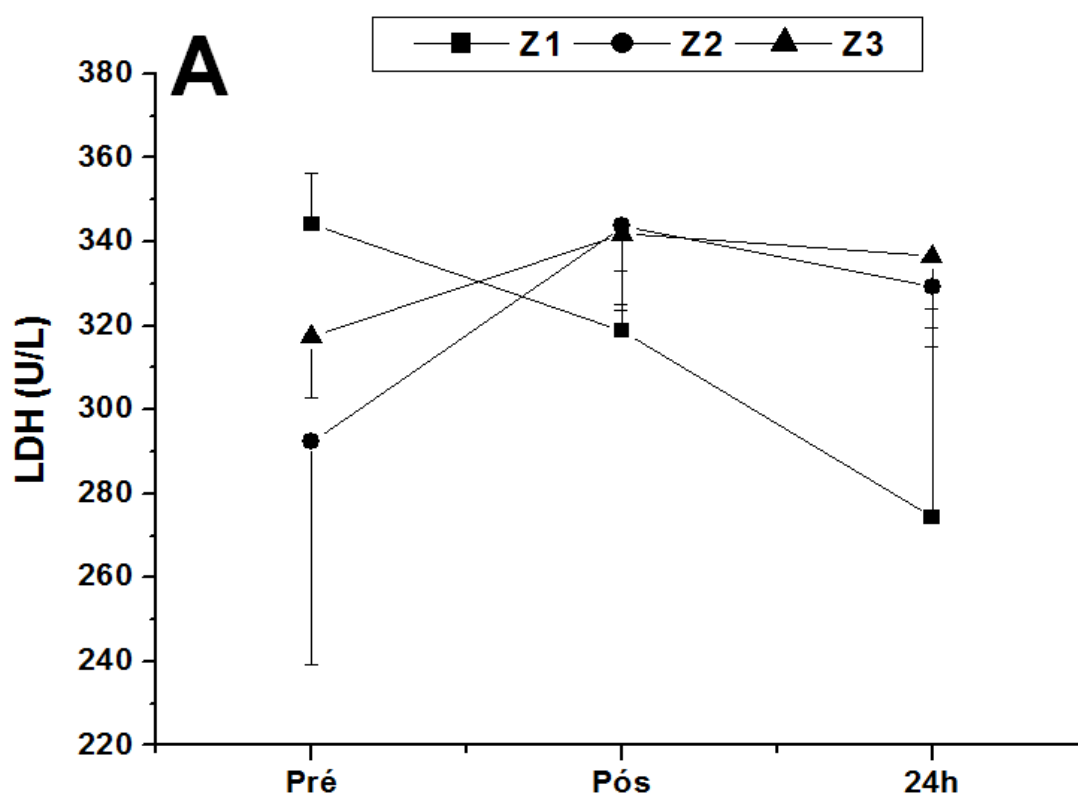
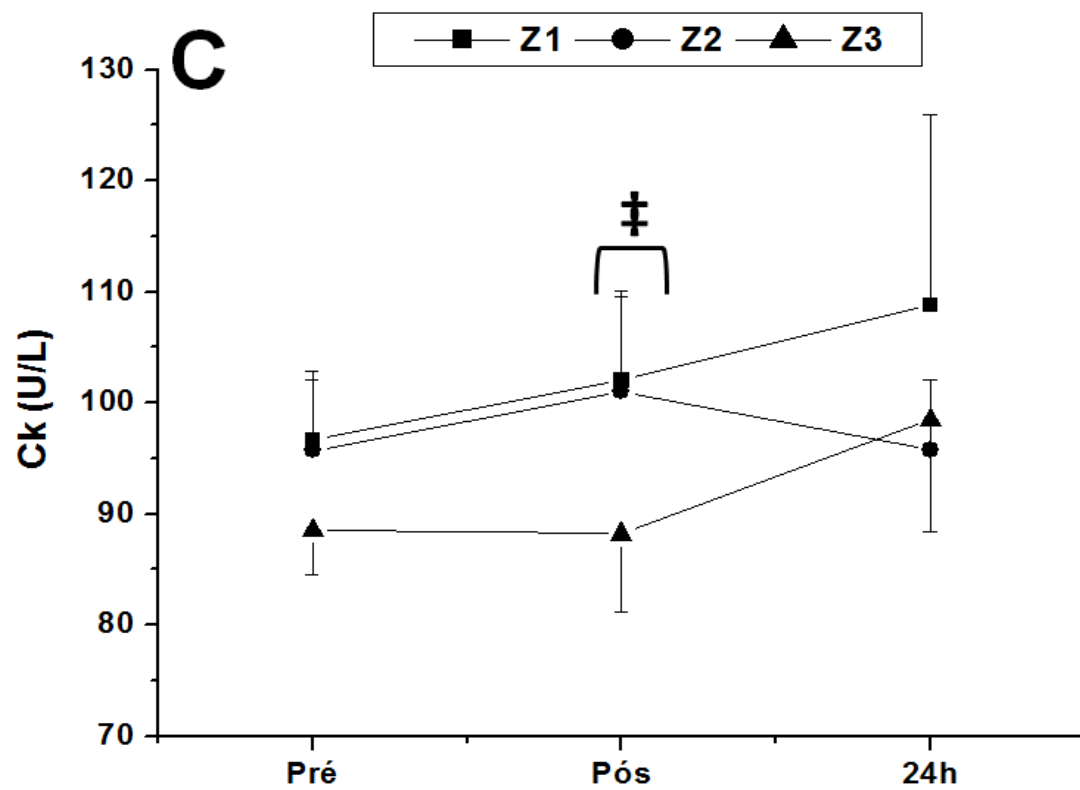
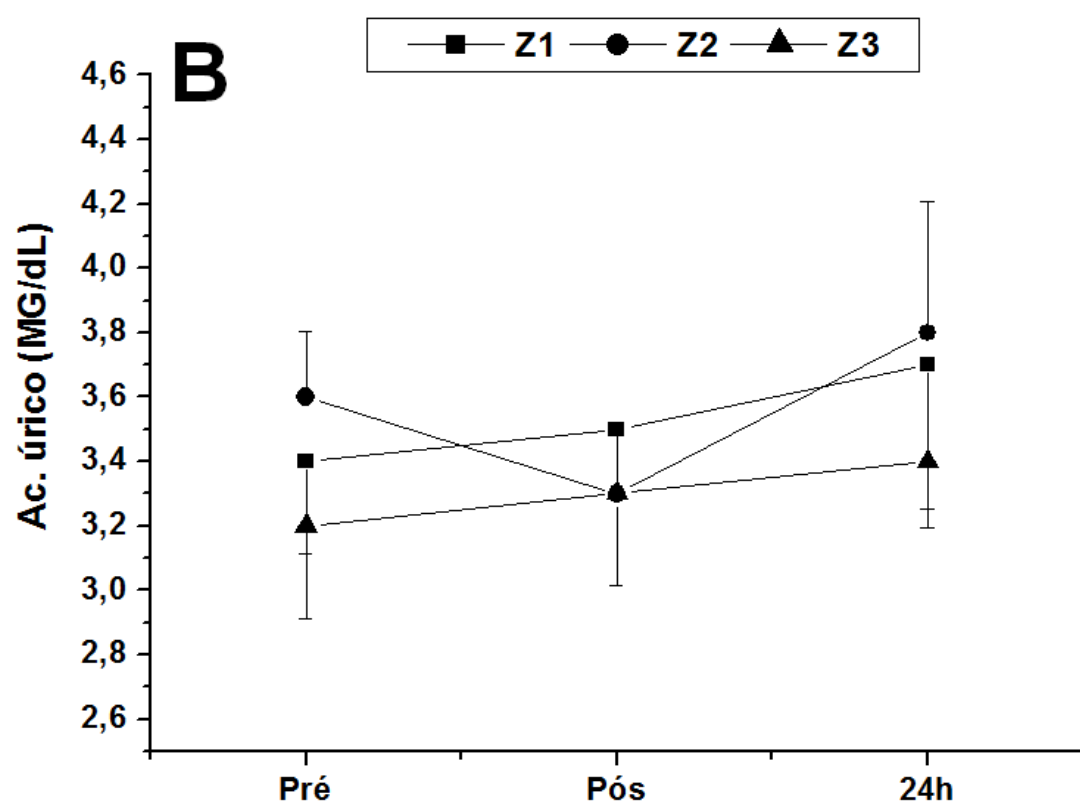
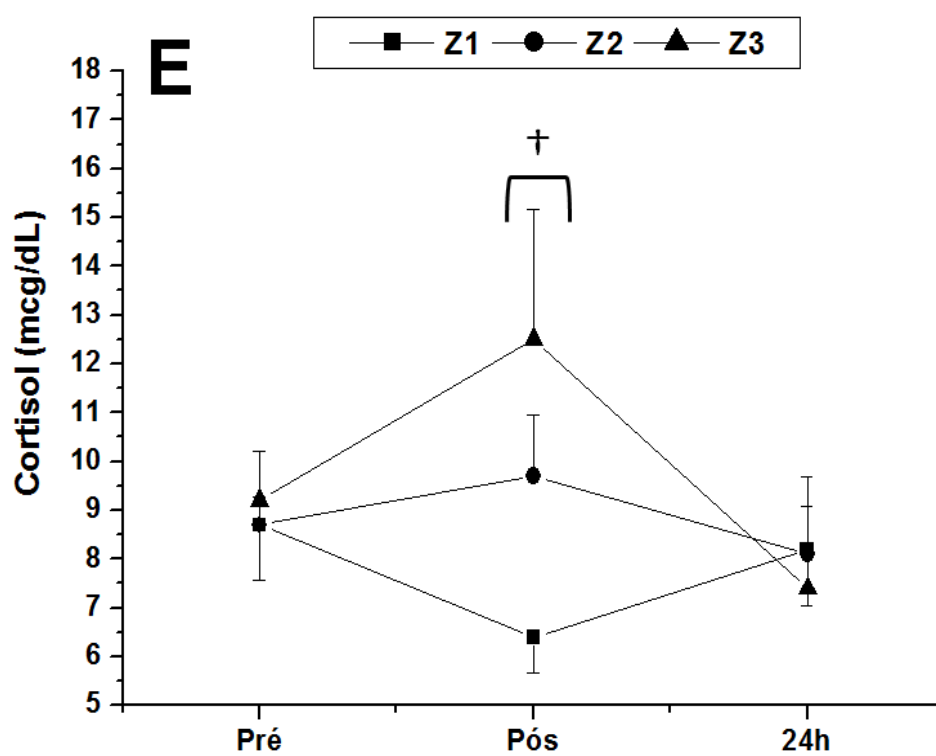
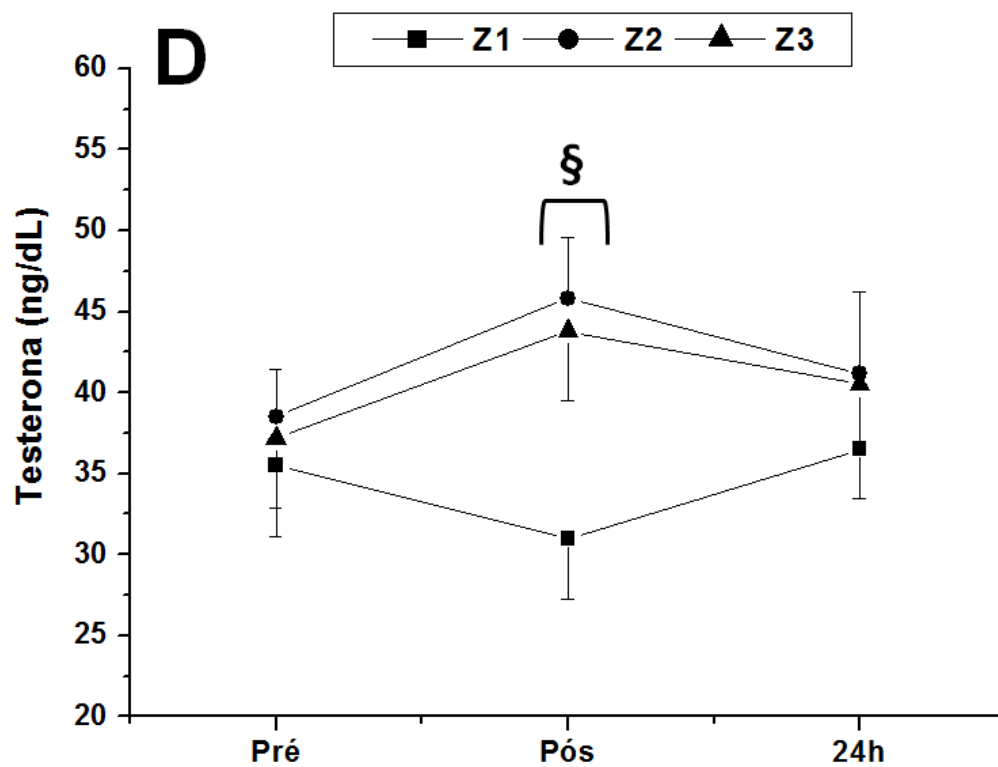


Figura 7: Valores médios, $\pm$ desvio padrão da concentração de lactato sanguíneo imediatamente após o treino nas zonas de intensidades moderado, pesado e severo (Z1, Z2 e Z3) respectivamente com equiparação das cargas para o estudo 1. *diferença significativa a zona 1. #diferença significativa a zona 2.

O comportamento médio dos parâmetros bioquímicos nas situações pré, pós e 24h horas após uma sessão de treinamento nas intensidades Z1, Z2 e Z3 estão apresentados na figura 8. Não foi encontrada nenhuma diferença significativa nos parâmetros bioquímicos quando comparados às zonas de intensidade em pré, pós e 24h após o treino. Quando as variáveis bioquímicas são comparadas nas situações de pré treino nas três zonas de intensidade nenhuma diferença foi encontrada, já nas situações pós treino, a CK apresentou diferença significativa na Z3 em relação a Z1 e Z2 (Figura 8), a testosterona foi significativamente diferente na Z3 e Z2 em relação a Z1 (Figura 8) e o Cortisol apresentou diferença significativa em Z3 em relação a Z1. Não foram encontradas diferenças nas situações 24h após o treino. Na Figura 9 é apresentada a porcentagem de variação dos parâmetros bioquímicos.







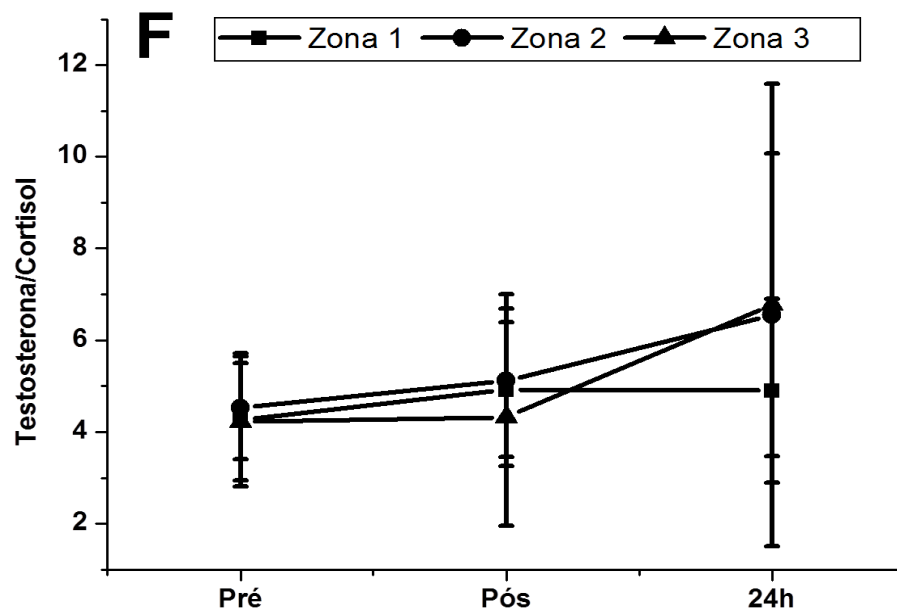
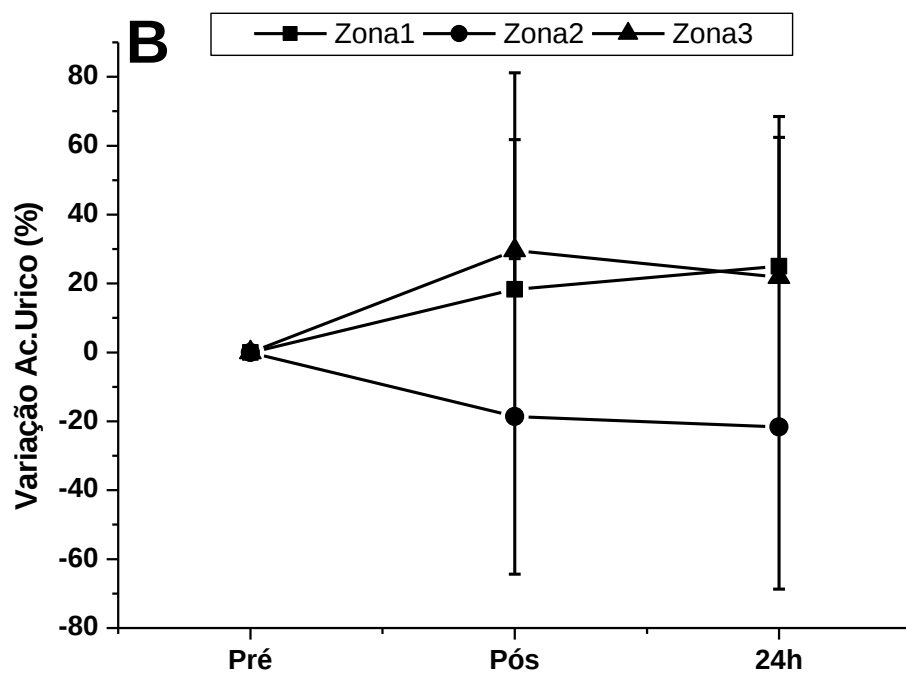
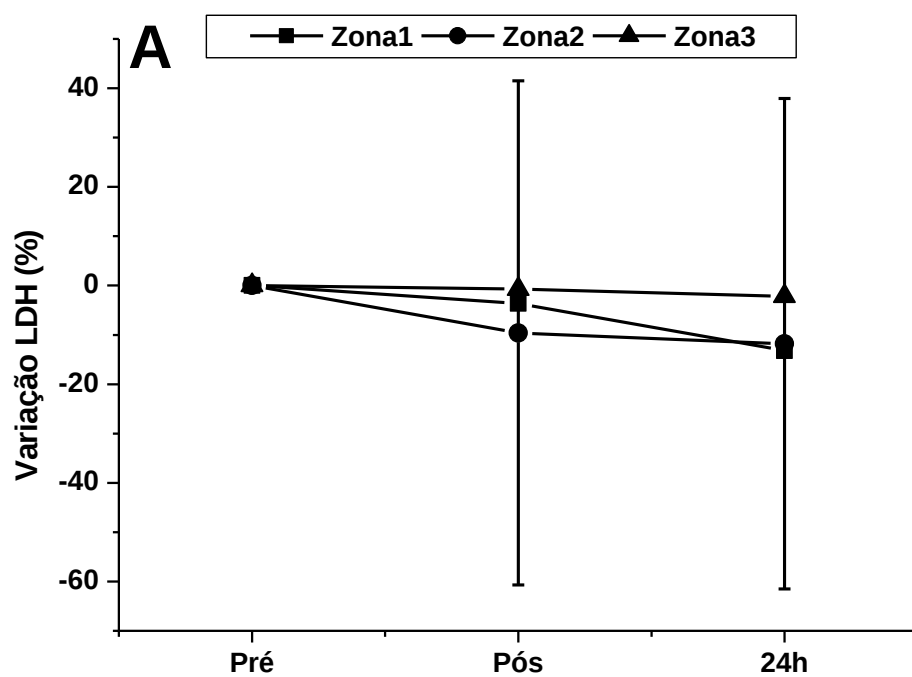
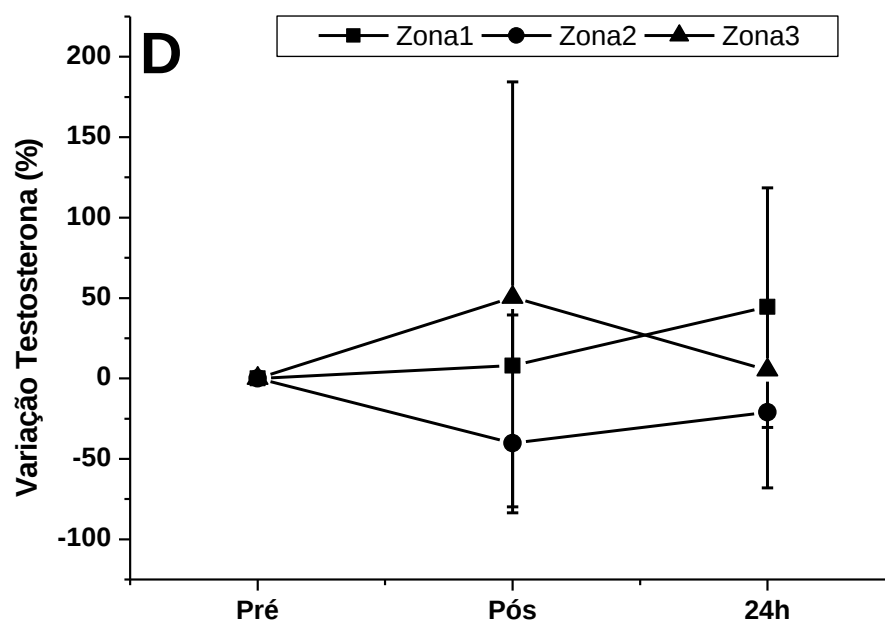
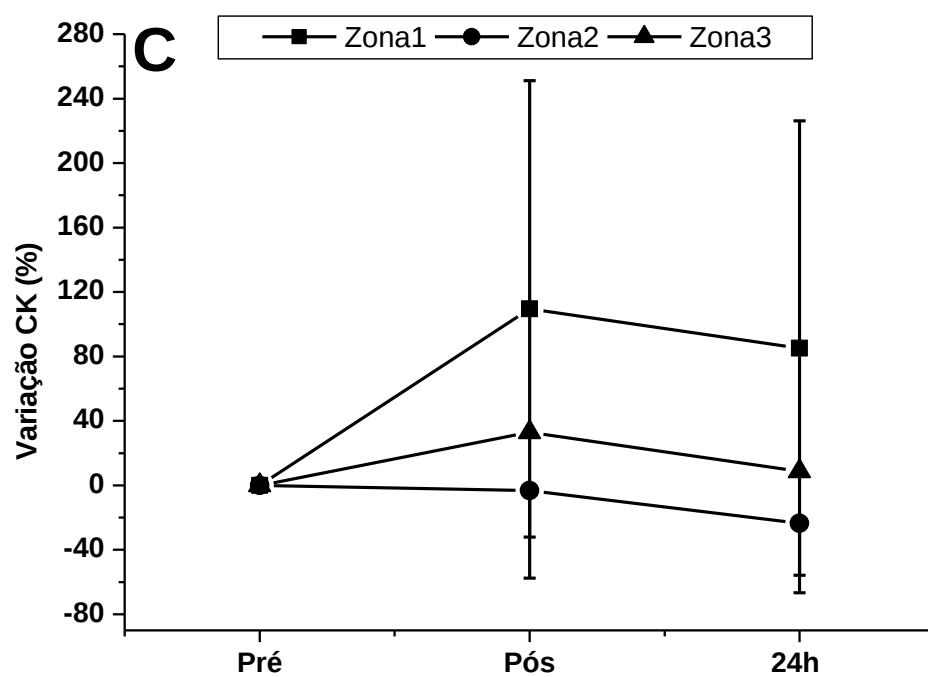


Figura 8. Valores médios, $\pm$ desvio padrão para A-lactato desidrogenase, B- ácido úrico, C-creatina kinase, D-testosterona, E cortisol nas situações de pré, pós e 24h após uma sessão de treino. ‡: Z3 diferente de Z1 e Z2; §: Z1 diferente de Z2 e Z3, † Z3 diferente de Z1.





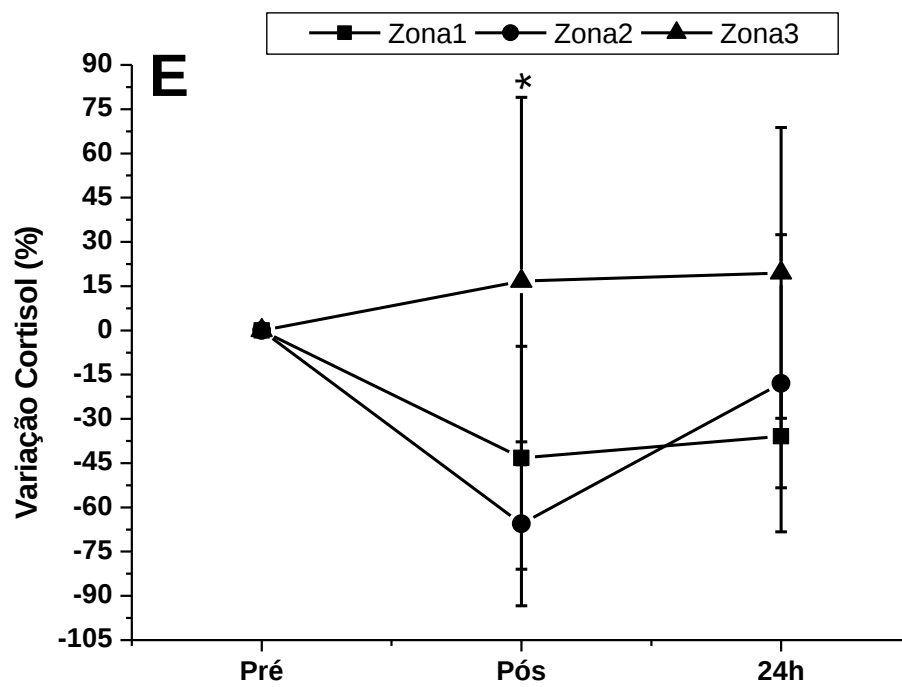


Figura 9. Valores médios da % de variação, $\pm$ desvio padrão para A-lactato desidrogenase, B- ácido úrico, C-creatina kinase, D-testosterona, E cortisol nas situações de pré, pós e 24h após uma sessão de treino. *diferença a Z2

ESTUDOS CIENTÍFICOS:

ESTUDO 1

7. ESTUDO 1

7.1. Problema e Objetivos: Estudo 1

Determinar os efeitos agudos provenientes de três sessões de treinamento em nado atado com carga interna equiparada sobre os parâmetros fisiológicos, bioquímicos e autonômicos, em nadadores.

7.2. Objetivos específicos do estudo 1

1) Sistematizar três sessões de treinamento em nado atado realizadas nos domínios fisiológicos, moderado (Z1), pesado (Z2) e severo (Z3), com cargas equiparadas.

2) Verificar as respostas agudas das concentrações de lactato ([Lac]), das variáveis autonômicas e das concentrações séricas de creatina kinase, ácido úrico, lactato desidrogenase, testosterona e cortisol.

7.3. Materiais e métodos: Estudo 1

Participantes

Participaram voluntariamente do presente estudo 11 nadadores sendo 6 femininos e 5 masculinos, ($15,21 \pm 1,32$ anos; $161,77 \pm 7,39$ cm; $60,25 \pm 9,94$ kg) com tempo mínimo de natação competitiva de dois anos e treinavam um volume médio diário de aproximadamente 8000m e frequência semanal de seis sessões. As características dos nadadores estão apresentadas na tabela do estudo. Os participantes somente foram confirmados no estudo após assinatura (dos pais ou responsável legal) do termo de consentimento livre e esclarecido.

Composição corporal

Para a análise da composição corporal e da distribuição das massas magra, óssea e tecido adiposo, foi empregada a técnica da absorptiometria de raios-X de dupla energia (Dual-energy x-ray absorptiometry), utilizando-se o equipamento modelo GE Lunar – DPX-NT. A dose de radiação que os participantes receberam foi menor do que

0,05 mrem (LASKEY et al. 1992), ou seja, equivalendo a 50 vezes menos a realização de um exame de raio X. Ao se posicionarem no aparelho, os avaliados permaneceram imóveis em posição de decúbito dorsal durante todo o exame (aproximadamente 15min)

Tabela 2. Valores médios $\pm$ desvio padrão da estatura, massa corporal total (MCT), massa magra (MM), massa gorda (MG) e porcentagem de gordura corporal (GC) dos nadadores estimados por meio da técnica da absorptiometria de raios-X de dupla energia [(Dual-energy x-ray absorptiometry) (DEXA)], utilizando-se o equipamento modelo GE Lunar – DPX-NT.

Estatura (cm)	MCT (kg)	MM (Kg)	MG (Kg)	GC (%)
161,77 $\pm$ 7,39	60,25 $\pm$ 9,97	41,91 $\pm$ 6,94	15,90 $\pm$ 7,50	25,72 $\pm$ 10,33

Desenho experimental

Os nadadores foram separados em grupos (masculino e feminino), os testes tiveram duração de 5 dias para cada grupo. Entre cada avaliação foi respeitado um período mínimo de 48h. Foram realizados testes para determinação da composição corporal (DEXA) e um esforço máximo de 5s em nado atado para determinação da força máxima (F_{máx}) (1º dia). No segundo dia os nadadores foram submetidos a um teste incremental para determinar o limiar anaeróbio (LAN) e máxima força alcançada durante o teste incremental (MFTI). Nos três dias subsequentes os nadadores realizaram, em ordem randômica, sessões de treinamento em três diferentes domínios de intensidade, moderado (Z1), pesado (Z2) e severo (Z3) com carga equiparada (isocarga). Antes e após cada treino, foi monitorada a percepção subjetiva do esforço (PSE), os parâmetros concentração de lactato ([La⁻]), concentrações séricas de creatina kinase (CK), ácido úrico (AU), lactato desidrogenase (LDH), testosterona (T), cortisol (C) e parâmetros autonômicos, determinados por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC).

Instrumentação e determinação da força máxima

O procedimento realizado da mesma forma que citado anteriormente no estudo piloto.

Determinações do limiar anaeróbio em nado atado (LAN) e da máxima força atingida no teste incremental (MFTI)

O procedimento realizado da mesma forma que citado anteriormente no estudo piloto.

Sistematização e quantificação dos esforços nos diferentes domínios de intensidade

As intensidades de treinamento dos domínios moderado (Z1), pesado (Z2) e severo (Z3) foram baseadas nos valores da LAN obtidos durante o teste incremental, sendo as cargas de treinamento no domínio Z1 (75-90% do LAN, duração = 40-50min), Z2 (100% do LAN, duração = 30min) e Z3 (110-150% do LAN, duração = 20min).

A quantificação das cargas foi determinada por meio do impulso de treinamento (TRIMP), que foi assumido como produto da PSE (6-20) pelo tempo de esforço (FOSTER 2001). Desse modo, ocorreu uma equiparação das cargas de treinamento com relação a carga interna (PSE), diferentemente do estudo piloto onde as cargas tiveram equiparação por meio da carga externa (força em %LAN).

Determinação de variáveis autonômicas

Vinte minutos antes de iniciar o teste e durante 20min após cada sessão de treinamento a variabilidade da frequência cardíaca (FC) foi analisada por aquisição de batimento a batimento, para determinação dos intervalos RR. O comportamento do FC foi submetido a uma filtragem digital, realizada pelo *software* do próprio dispositivo (*Polar Precision Performance*, versão 3.0) que foi capaz de identificar e arrumar alguns batimentos ectópicos (irregularidades no ritmo cardíaco), envolvendo extrassístole e consecutiva pausa compensatória (FAZAN, 2008).

Apenas sessões com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídas no estudo. (JAVORKA et al. 2002). Treze períodos com cerca de 300 batimentos foram incluídos para a segunda etapa de filtragem, caracterizada pela inspeção visual dos intervalos RR e intervalos anormais que foram eliminados. Por fim, os batimentos excedentes ao número mínimo de 256, como preconizado pelo Task Force (1996), também foram eliminados do final do trecho selecionado.

A análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) foi realizada por métodos lineares, analisados nos domínios do tempo (SDNN e RMSSD) e da frequência (LF, HF e relação LF/HF). No domínio de tempo, o intervalo RR é o intervalo que existe entre cada batimento do coração. Através da análise no domínio do tempo, que utiliza métodos estatísticos para os valores serem obtidos, os índices considerados foram:

RMSSD (raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em ms), parâmetro ligado a atividade parassimpática.

O SDNN, que reflete a participação de ambos os ramos do sistema nervoso autônomo (SNA), representa o desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais, expresso em ms (TASK FORCE 1996; GODOY et al. 2005).

A VFC sofre transformações em componentes oscilatórios fundamentais no domínio da frequência onde foram analisados os componentes de baixa frequência (LF – 0,04 a 0,15 Hz) o qual esta ligada a ação conjunta dos componentes vagal e simpático com predomínio do simpático sobre o coração, componentes de alta frequência (HF – 0,15 a 0,4 Hz), o qual é um indicador da atuação do nervo vago sobre o coração, além disso, a relação LF/HF a qual é caracterizada pelo balanço simpático-vagal sobre o coração. A análise espectral foi calculada usando o algoritmo da Transformada Rápida de Fourier (HAUTALA et al. 2001; FORCE 1996).

Coleta e análise de sangue

A coleta e análise de sangue foi à mesma do procedimento utilizado no estudo piloto.

Tratamento estatístico

Primeiramente a normalidade dos dados foi testada e confirmada por meio do teste de Shapiro-Wilk, permitindo a demonstração dos dados por meio de média $\pm$ desvio padrão. A esfericidade dos dados foi verificada por meio do teste Mauchly, caso a esfericidade não fosse assumida os valores foram corrigidos por meio do teste Greenhouse-Geiser, permitindo a utilização de estatística paramétrica. A comparação entre os parâmetros obtidos entre os diferentes modelos de treinamentos foi realizada por meio da ANOVA two-way, seguida do post-hoc de Tukey, quando necessário. Teste

T student foi utilizado para comparar VFC pré e pós sessão de treinamento, e anova one way para possíveis diferenças entre as zonas de intensidades. O nível de significância foi fixado em $p < 0,05$. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do pacote estatístico STATISTICA 7 (Statsoft, EUA).

7.4 Resultados: Estudo 1

Os valores de Fmax, MFTI e LAN foram de $162,42 \pm 51,98$ N, $59,29 \pm 10,78$ N e $42,74 \pm 10,21$ N respectivamente. Os valores médios $[La^-]$ nas diferentes zonas de treinamento são apresentados na tabela 3. As $[La^-]$ de Z3 foram significativamente diferentes da Z1 e Z2. Enquanto que a PSE em Z1 foi significativamente diferente em relação a Z2 e Z3) e Z2 em comparação a Z3 (Tabela 3)

Tabela 3. Valores médios, $\pm$ desvio padrão da concentração de lactato sanguíneo após o treino e percepção subjetiva do esforço (PSE) nas zonas de intensidades moderado, pesado e severo (Z1, Z2 e Z3) respectivamente.

	Z1	Z2	Z3
$[La^-]$	$1,22 \pm 0,39$	$2,40 \pm 1,73$	$5,65 \pm 2,98^{\S*}$
PSE	$9,74 \pm 2,42$	$12,78 \pm 2,08^*$	$16,11 \pm 1,98^{\S*}$

*diferença significativa em relação a Z1, $\S$ diferença significativa em relação a Z2.

O TRIMP de todos os nadadores foi verificado e não foram encontradas diferenças significativas entre as cargas de treinamento (Z1= $435,45 \pm 150,62$ u.a; Z2= $385,55 \pm 62,87$ u.a; Z3= $386,24 \pm 81,03$ u.a)

Somente o cortisol apresentou diferença significativa na situação pós ($7,24 \pm 4,02$ mcg/dL) em comparação a situação pré treinamento ($8,68 \pm 1,82$ mcg/dL) em Z2, além disso, quando comparados à mesma situação, Z3 ($11,44 \pm 5,77$ mcg/dL) apresentou diferença significativa em relação a Z1 ($6,00 \pm 2,64$ mcg/dL) e Z2 ($7,24 \pm 4,02$ mcg/dL) na situação de pós treinamento (tabela 4).

Tabela 4. Valores médios, $\pm$ desvio padrão de cortisol, testosterona, testosterona/cortisol, creatina Kinase, lactato desidrogenase e ácido úrico na situação, pré, pós e 24h uma sessão de treino nas 3 intensidades (moderado, pesado e severo).

Cortisol (mcg/dL)			
	Pré	Pós	24h-Pós
Z1	9,22 $\pm$ 2,07	6,00 $\pm$ 2,64	8,86 $\pm$ 2,39
Z2	8,68 $\pm$ 1,82	7,24 $\pm$ 4,02 [†]	8,24 $\pm$ 3,21
Z3	10,96 $\pm$ 2,41	11,44 $\pm$ 5,77 ^{s*}	8,37 $\pm$ 3,31
Testosterona (ng/dL)			
Z1	130,9 $\pm$ 121,8	132,9 $\pm$ 127,6	139,1 $\pm$ 135,8
Z2	164,8 $\pm$ 146,9	120,1 $\pm$ 109,2	145,1 $\pm$ 139,3
Z3	126,2 $\pm$ 150,9	159,2 $\pm$ 147,9	137,4 $\pm$ 122,9
Testosterona/cortisol			
Z1	13,75 $\pm$ 12,21	35,54 $\pm$ 48,86	22,04 $\pm$ 22,80
Z2	19,98 $\pm$ 18,70	36,62 $\pm$ 51,60	19,66 $\pm$ 20,78
Z3	16,19 $\pm$ 15,27	25,26 $\pm$ 46,09	16,07 $\pm$ 12,68
Creatina kinase (U/L)			
Z1	153,8 $\pm$ 110,5	233,1 $\pm$ 244,6	171,4 $\pm$ 104,6
Z2	184,9 $\pm$ 135,5	198,6 $\pm$ 172,4	162,9 $\pm$ 116,8
Z3	189,5 $\pm$ 193,9	225,5 $\pm$ 229,4	182,0 $\pm$ 131,3
Lactato desidrogenase (U/L)			
Z1	374,2 $\pm$ 50,9	353,3 $\pm$ 58,6	304,6 $\pm$ 110,9
Z2	335,6 $\pm$ 107,1	374,1 $\pm$ 56,7	361,9 $\pm$ 55,0
Z3	361,1 $\pm$ 74,8	370,3 $\pm$ 53,4	361,8 $\pm$ 52,6
Ácido úrico (MG/dL)			
Z1	4,6 $\pm$ 1,9	4,9 $\pm$ 2,1	4,9 $\pm$ 1,8
Z2	5,0 $\pm$ 1,9	4,6 $\pm$ 2,0	4,8 $\pm$ 1,8
Z3	4,6 $\pm$ 2,3	5,2 $\pm$ 2,5	5,0 $\pm$ 2,1

* diferença significativa com relação à situação Z1 pós treinamento. § diferença significativa com relação à situação Z2 pós treinamento. † diferença significativa em relação a situação pré treinamento.

Os parâmetros da VFC mostraram diferença significativa somente na situação pós treinamento. Na SDNN Z1($108,48 \pm 10,23$ ms) apresentou-se significativamente diferente em relação a Z2 ($70,38 \pm 16,39$ ms) e Z3 ($48,78 \pm 22,51$ ms) e da mesma forma a RMSSD apresentou-se Z1($89,44 \pm 24,81$ ms) diferente de Z2 ($47,12 \pm 19,48$ ms) e Z3 ($38,34 \pm 27,52$ ms). Enquanto LF apresentou diferença somente da Z1 ($4637,40 \pm 2928,65$ ms²) em relação a Z3 ($774,00 \pm 769,63$ ms²) (Figura 10).

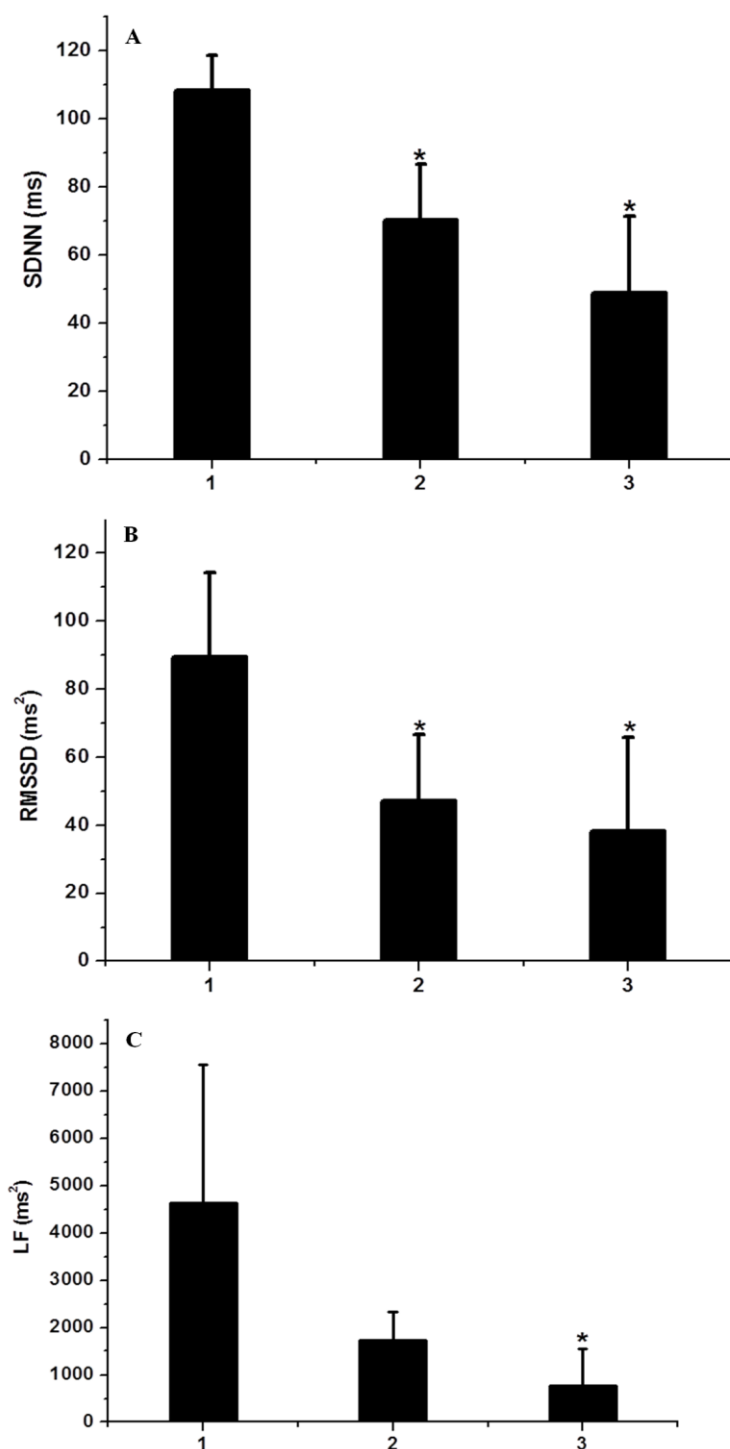


Figura 10. Valores médios dos parâmetros da Variabilidade da frequência cardíaca, SDNN (representa o desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais, expresso em ms) na situação pós treinamento. (A) RMSSD (raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes, em um intervalo de

tempo, expresso em MS) (B) e LF (componentes de baixa frequência) (C). * diferença significativa em relação à zona 1.

8. DISCUSSÕES: ESTUDO PILOTO E ESTUDO 1

Os principais achados foram que as respostas de lactato e de percepção subjetiva do esforço mostraram-se como bons parâmetros para verificar diferentes treinos com equiparação de carga externa e interna. Além disso, foi possível verificar que as respostas de parâmetros bioquímicos não sofreram grandes alterações após uma sessão aguda de treino.

A mensuração dos parâmetros de força em nado atado é empregada como uma metodologia específica e reprodutível para a avaliação da força (Papoti et al. 2003; Hooper, Mackinnon and Ginn, 1998 Keskinen et al. 1997) e altamente relacionado com o desempenho de nado livre nas distâncias de 25 e 400 metros estilo *crawl* (Marinho e Andries, 2001; Papoti et al. 2003) como também nas distâncias de 50, 100 e 200 metros nos quatro estilos de nado (Mouroço et al. 2011). Assim, a avaliação em nado atado (NA) tem sido considerada um teste ergométrico mais específico para avaliação de nadadores, pois proporciona a avaliação da força no meio líquido, utilizando o estilo de nado específico e associando os aspectos morfológicos e antropométricos de cada indivíduo. Os valores de FM atingida pelos nadadores foram inferiores aos valores encontrados por Morouço (2012) que avaliou nadadores adolescentes em teste de 30s em nado atado.

A resposta de lactato sanguíneo esta de acordo com literatura, em relação à resposta de treinamentos abaixo, na intensidade e acima do LAN. Segundo ESTEVE-LANAO et al. 2007 o treinamento na zona 1 tem como característica concentração de lactato <2mM, zona 2 concentração entre 2 e 4mM e na zona 3 a concentração deve alcançar seus valores máximos (>4mM). O comportamento lactacidêmicos em ambos os estudos estão de acordo com Papoti et al. (2009) que submeteram nadadores a esforços de 30 min em três intensidades (abaixo, na intensidade e acima do LAN).

De forma semelhante à resposta de lactato sanguíneo, a PSE tem sido utilizada para verificar a respostas de diferentes treinos. Esteve-Lanao et al. 2005, 2007; Seiler ; Kjerland, 2006 utilizaram para quantificar a relevância das cargas em modalidades de

longa duração e através da PSE é possível verificar em qual zona de treino tem sido empregado maior esforço. Os resultados apresentados em ambos os estudos mostraram diferenças entre as zonas de intensidade e estão de acordo aos apresentados por Rafaelli et al. (2011) que encontraram para as intensidades leve, moderado e pesado $10,1 \pm 1,9$; $12,3 \pm 1,5$ e $15,9 \pm 0,9$ respectivamente em atividades aquáticas, no entanto o autor faz um alerta, evidenciando que esse método não permite uma correta classificação das intensidades de treinamento quando quantificadas de maneira externa.

Um aumento na concentração de cortisol e queda na concentração de testosterona tem sido observado quando ocorrem alterações no volume e intensidade do treinamento (Flynn et al. 1994; Macknnon et al. 1997; Tyndall et al. 1996). Os resultados do estudo piloto mostraram que a concentração de cortisol foi o único parâmetro que apresentou sensibilidade uma hora após uma sessão aguda de treinamento em nado atado de alta intensidade (Z3), após 24h não foram observadas diferenças entre os estímulos de treinamento, esses resultados corroboram com o estudo de França et al. (2006) que encontraram diferença significativa da coleta feita imediatamente após uma prova de maratona em relação a coleta de 48h antes do exercício, assim como em relação a concentração de LDH, além disso, após 20h de recuperação França et al. (2006) mostraram que os valores de cortisol tinham retornado aos níveis próximos ao normal. Os resultados de testosterona apresentaram um comportamento diferente de França et al. (2006) que encontrou uma redução dos níveis após o exercício.

Em relação a cortisol e testosterona, a literatura mostra resultados contraditórios após um período de treinamento, Flynn et al. (1994) após 21 semanas de treinamento não encontrou diferença na concentração de cortisol, corroborando com estudo citado Atlaoui et al. (2004) não encontraram diferença na concentração urinária de cortisol em nadadores masculinos e femininos. Enquanto que alguns autores como Kirwan et al. (1988) que duplicaram o volume do treinamento e após 10 dias verificaram um aumento na concentração de cortisol, da mesma forma Santhiago et al. (2011) observaram um aumento na concentração de cortisol após um período de 12 semanas de treinamento.

Costill et al. (1991), Kirwan et al. (1988), Flynn et al. (1994) mostraram alterações na concentração de CK após a duplicação do volume do treino e durante uma temporada competitiva. Symanski et al. (1983) mostraram que um teste para determinar o consumo máximo de oxigênio não foi suficiente para causar alterações na

concentração de CK, os resultados apresentados em ambos os estudos mostraram-se semelhantes, não tendo alterações significativas tanto na situação pós sessão de treino como 24h após, de maneira contrária Fu; You e Kong (2002) encontraram mudanças na concentração de CK após um tiro livre de 100m em indivíduos do sexo masculino e feminino, e os autores concluíram reforçando que CK é importante marcador de lesão muscular.

Além da CK, o ácido úrico também é usado como marcador de lesão. Schneider et al. (2009) mostraram que após exercício extenuante como maratona os valores de ácido úrico mostraram diferença significativa dos valores iniciais em relação ao fim da prova, nossos achados foram contrários não apresentando nenhuma diferença significativa em nenhuma das zonas de intensidades. A maior parte dos estudos que mostraram a relação de VFC com a carga de treino revelam que a alteração do sistema autônomo em relação à carga de treino é altamente especificado, Kaikkonen et al. (2010) mostraram que VFC tem uma relação forte e negativa com outros parâmetros utilizados para quantificar cargas de treino. Além disso, a VFC foi capaz de verificar diferentes exercícios com carga constante e diferentes durações. Atlaoui et al. (2006) analisaram 34 semanas de nadadores, mostraram que existe uma relação da VFC com carga e desempenho, evidenciando que quando os nadadores apresentaram alta atividade parassimpática os resultados eram melhores.

Uma tentativa para evidenciar balanço simpato-vagal é utilização da relação LF/HF, os resultados de Rumenig et al. (2006) mostraram que após o exercício não se verificou alterações significativas, contrariando os resultados encontrados.

Alguns autores como Bernardi et al. (1997) Raczak et al. (2005) tem encontrado um aumento da RMSSD após exercício sugerindo um aumento da atividade parassimpática. Szymanowicz et al. (2010) em seu estudo com corredores mostraram uma queda nos valores de SDNN e RMSSD em duas situações após um teste de Wingate, e após um teste incremental máximo, esses achados estão de acordo com os presentes resultados exceto no treinamento realizado na Z1 que se apresentou alto mesmo após o termino do exercício, no entanto Szymanowicz et al. (2010) revelou que os parâmetros analisados pela VFC podem permanecer alterados por ate 60 min após o termino do exercício.

9. CONCLUSÕES: ESTUDO PILOTO E ESTUDO 1

Com estes resultados concluímos que tanto o lactato como a PSE foram eficazes em diferenciar as zonas de intensidade e que o cortisol mostrou ser o parâmetro mais sensível a uma sessão aguda de treinamento. Além disso, a VFC mostrou-se sensível em verificar alterações nas diferentes zonas de intensidade, mesmo com carga equiparada, revelando que a intensidade do exercício foi o fator chave para as alterações autonômicas e a VFC parece ser uma ferramenta interessante para controle do estado de treinamento dos atletas. No entanto ainda o efeito crônico desses parâmetros ainda não foi verificado para nadadores.

ESTUDOS CIENTÍFICOS:

ESTUDO 2

10. ESTUDO 2

10.1. Problema e Objetivo: Estudo 2

Os dois primeiros estudos tiveram empenhados em demonstrar as alterações fisiológicas, bioquímicas e autonômicas, agudas induzidas por sessões realizadas em nado atado. Para contemplar o presente projeto existe a necessidade de verificar os efeitos de diferentes sessões de treinamento após um período de treinamento em nado atado e após um período de polimento. Desse modo o objetivo do estudo 2 foi investigar os efeitos de dois modelos de treinamento em nado atado (modelo baseado no limiar e modelo polarizado) de sete semanas e carga equiparada, sobre as respostas crônicas de parâmetros fisiológicos, bioquímicos e autonômicos de nadadores, antes e após um período idêntico de polimento.

10.2. Objetivos específicos do Estudo 2

1) Sistematizar o treinamento em nado atado de dois grupos, GZ1 com predomínio nas intensidades abaixo do LAN (Z1), e GZ2 com intensidades no LAN (Z2), e os treinamentos em Z3 idêntico aos dois grupos.

2) Verificar as respostas crônicas das concentrações de lactato ([Lac]), das variáveis autonômicas e das concentrações séricas de creatina kinase, ácido úrico, lactato desidrogenase.

10.3. Materiais e métodos: Estudo 2

Participantes

Iniciaram voluntariamente este experimento 20 nadadores. No entanto, concluíram todos os testes 14 nadadores ($15,99 \pm 0,87$ anos; estatura de $167,3 \pm 8,0$ cm; peso corporal de $58,65 \pm 8,20$ Kg). Dos seis nadadores desistentes, três apresentaram motivo de lesão não relacionada ao nado atado, e três por motivos pessoais. Os nadadores somente foram confirmados ao estudo após assinarem Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista – Rio Claro – SP (processo nº 002/2014).

Desenho experimental

Previamente ao início das avaliações e dos treinamentos os atletas passaram por um período de adaptação ao nado atado que foi composto por três dias onde no primeiro os atletas foram instruídos a fazer três esforços em intensidade moderada determinada pelo próprio nadador durante cinco minutos, no segundo dia foram realizadas três esforços de três minutos em diferentes intensidades (moderada, pesada e severa) determinadas pelo próprio nadador, e no dia subsequente os atletas foram instruídos a realizar cinco esforços máximos de 15s. Além disso, o LAN foi determinado por meio do teste de lactato mínimo em nado livre e atado, para a prescrição das intensidades de treinamento. Os nadadores também foram submetidos a esforços máximos de 30 min (T30) e de 200m para avaliação do desempenho. Os valores basais das variáveis bioquímicas também foram determinados. A partir disso, os participantes foram randomizados nos grupos G_{Z1} (treinamento em nado atado realizado em Z1, que caracterizou o modelo “polarizado”) e G_{Z2} (treinamento em nado atado realizado em Z2, que caracterizou o modelo “baseado no limiar”). É importante destacar que ambos os grupos realizaram o mesmo volume de treinamento em Z3.

O período de treinamento teve duração total de sete semanas separadas em período experimental (6 semanas) e polimento (1 semana). A frequência semanal de treinamento foi de três sessões. Nenhuma sessão em nado atado foi realizada durante o polimento. Ao final do período experimental e após o polimento foram repetidas as mensurações do teste de lactato mínimo, T30, desempenho de 200m e variáveis

bioquímicas. O comportamento das variáveis autonômicas (i.e. variabilidade da frequência cardíaca) foi determinado em todas as semanas de treinamento. Durante todas as sessões a PSE foi coletada (Figura 11).

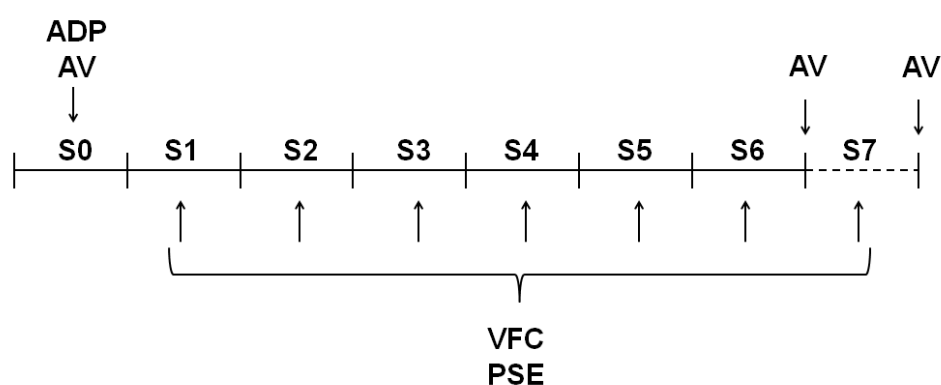


Figura 11. Delineamento experimental do treinamento que foi aplicado em nado atado. ADP: adaptação ao nado atado; AV: período de avaliações (Limiar anaeróbio, esforços máximos de 30 min e de 200m e variáveis bioquímicas); VFC: determinação semanal da variabilidade da frequência cardíaca; PSE: determinação diária da percepção subjetiva de esforço; -----: semana de polimento.

Teste de lactato mínimo em nado livre

A intensidade correspondente LAN foi determinada por meio do teste de lactato mínimo (TEGTBUR et al. 1993), adaptado para a natação (RIBEIRO et al. 2003). A fase de indução a hiperlactacidemia foi realizada por meio de um esforço máximo de 200m. Após oito minutos de recuperação passiva, os nadadores foram submetidos a um esforço incremental composto por cinco estágios de 200m. As intensidades da fase incremental, embora tenham sido aplicadas de maneira progressiva (incrementos de $\cong$ 5%), foram aplicadas de maneira individualizada, tendo como referência os tempos de nado obtidos durante os treinamentos. Nos minutos 3, 5 e 7 após o esforço máximo de 200m e, imediatamente após cada estágio na fase incremental, amostras sanguíneas (25 μ L) foram coletadas para a determinação das [Lac]. O LAN foi assumido como a

derivada zero do ajuste polinomial de segunda ordem, obtido da relação entre as intensidades e as [LAC].

Teste de lactato mínimo em nado atado

O LAN utilizado para a prescrição das intensidades de treinamento (Z1, Z2 e Z3) em nado atado foi determinado por meio do teste de lactato mínimo em nado atado, principalmente por esta metodologia fornecer um índice anaeróbio (i.e. [Lac] pico), respeitar a cinética individual das [Lac], apresentar menor subjetividade na determinação da capacidade aeróbia pela possibilidade de ajuste matemático, além do LAN não ser alterado pelas quantidades de glicogênio muscular (TEGTBUR et al. 1993). Estudos prévios do nosso laboratório observaram que o LAN determinado pelo lactato mínimo apresenta relações muito fortes com o determinado pelo modelo bi-segmentado, que foi utilizado nos outros experimentos deste projeto. Adicionalmente, o protocolo de lactato mínimo padronizado anteriormente em nosso laboratório, também apresentou elevada reprodutibilidade (erro típico: 2,8N; coeficiente de variação: 9,6%). Desse modo, acreditamos que por estas vantagens e resultados observados, os parâmetros provenientes do teste de lactato mínimo seriam aplicáveis e bastante robustos para o monitoramento do treinamento.

Outros achados de nosso laboratório também foram válidos neste experimento. A fase de indução durante o lactato mínimo foi realizada por meio de um esforço máximo de três minutos realizado em nado atado. Como variáveis do 3min AllOut podem ser determinadas a força pico (FP) (valor máximo de força), a força média (FM) (Força média durante os três minutos) e o índice de fadiga (IF) ($IF(\%) = (FP - \text{força mínima}) * 100 / PF$). A força crítica ($F_{crit_{3MIN}}$) foi assumida como a média da força nos últimos 30s de esforço e o parâmetro anaeróbio (W'_{3MIN}) foi correspondente a integral da força produzida acima da $F_{crit_{3MIN}}$. Adicionalmente, o impulso aeróbio que foi considerado como a área correspondente ao metabolismo aeróbio ($F_{crit_{3MIN}} \times 180$) e o impulso total que foi assumido como a integral obtida da relação força *versus* tempo durante todo o teste. A reprodutibilidade, destas variáveis também já foi investigada por nosso laboratório, indicando que o esforço máximo de três minutos pode ser uma alternativa para o monitoramento do treinamento.

Desse modo, a fase de indução a hiperlactacidemia foi realizada por meio de um esforço máximo com duração de três minutos. Os atletas foram instruídos a realizar o máximo de força possível durante todo o exercício. Após oito minutos de recuperação passiva, os nadadores foram submetidos a um teste incremental composto por estágios com três minutos de duração. As intensidades da fase incremental foram aplicadas de maneira individualizada, tendo como referencia a F_{crit} (80, 90, 100, 110... da F_{crit}), determinada durante o esforço máximo de três minutos. O incremento na intensidade foi aplicado até a exaustão voluntária, sendo determinada a máxima força atingida no lactato mínimo (FM_{LM}). No caso do atleta ter entrado em exaustão antes do termino do estágio, a FM_{LM} foi calculada pela equação proposta por Kuipers et al. (1985), adaptada ao nado atado (PAPOTI et al. 2012). Durante a fase de recuperação passiva (minutos 1, 3, 5 e 7) e imediatamente após cada estágio da fase incremental, amostras sanguíneas (25 μ L) foram coletadas para a determinação das [Lac].

O LAN foi assumido como a derivada zero do ajuste polinomial de segunda ordem, obtido da relação entre as intensidades e as [Lac] durante a fase incremental (Figura 12).

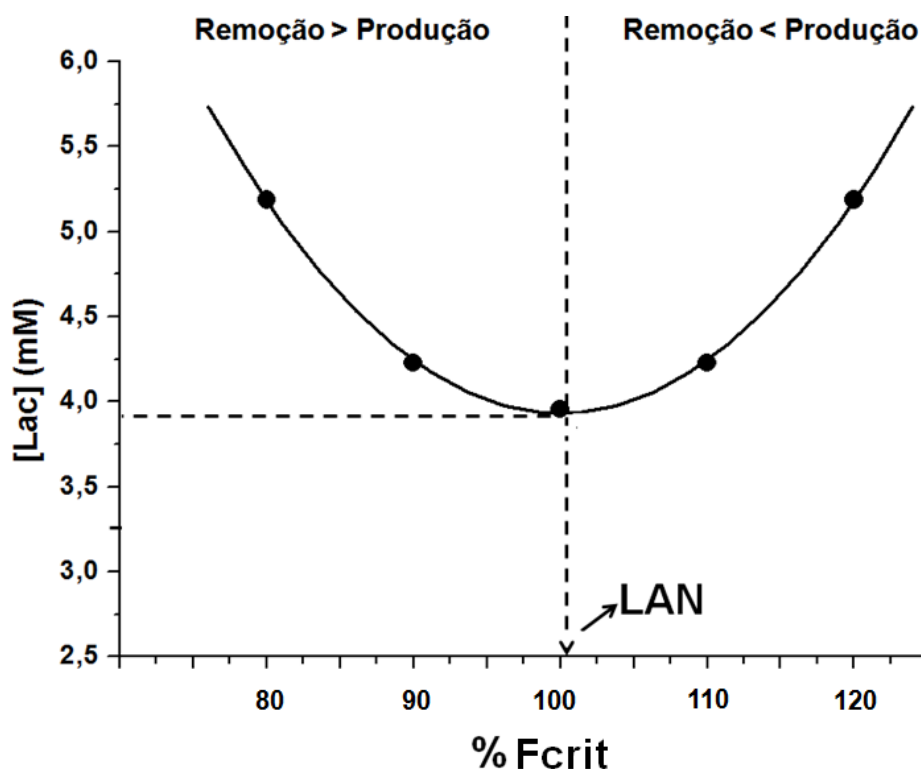


Figura 12. Determinação do limiar anaeróbico (LAN) determinado na fase incremental do teste de lactato mínimo realizado em nado atado. %Fcrit: percentual da força crítica; [Lac]: concentrações sanguíneas de lactato.

Avaliação do desempenho

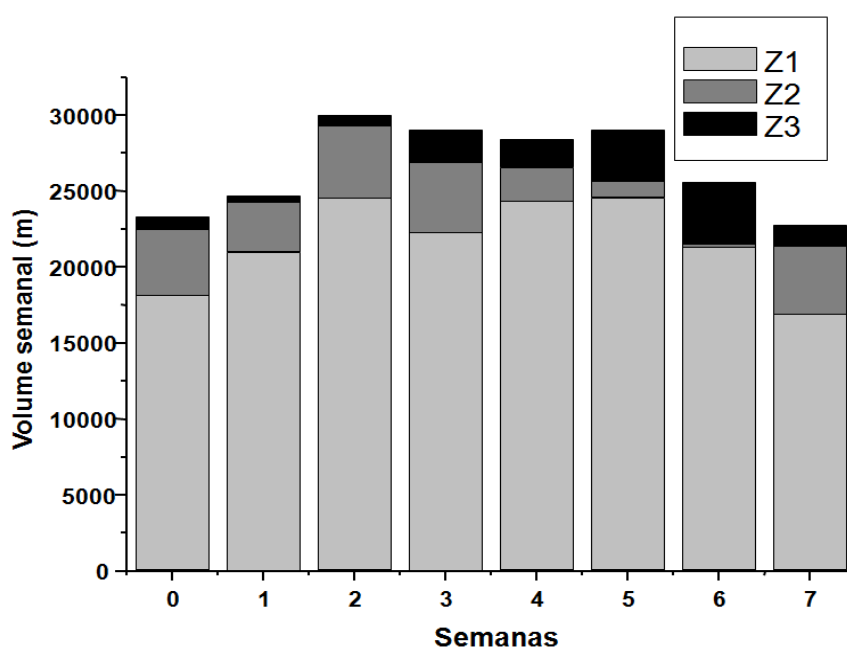
As velocidades médias observadas durante o T30 e no esforço máximo de 200m foram assumidas como índices de desempenho. Durante o T30 os atletas foram instruídos a realizar a máxima distância em 30 min, diferentemente do esforço máximo de 200m onde os atletas percorreram a distância no menor tempo possível. O tempo para ambos os esforços foi determinado por cronômetro digital (Timex, TI5G811[®] Manaus, Brazil).

Programa de treinamento em nado livre e atado

Os ajustes das intensidades utilizadas nas sessões de treinamento foram baseados em dados obtidos nos testes de limiar anaeróbico (LAN) realizado previamente aos procedimentos e também com base em coletas de amostras sanguíneas realizadas durante o início, meio e final das sessões padronizadas de treinamentos em diferentes intensidades. As coletas sanguíneas foram realizadas semanalmente durante os

treinamentos com diferentes intensidades, foram coletadas um total de 163 amostras sanguíneas para caracterização das intensidades dos treinamentos.

As intensidades dos nados foram subdivididas em esforços sub LAN (Z1), LAN (Z2) e supra LAN (Z3). Os nados sub limiares compreenderam exercícios realizados com intensidades inferiores ao LAN, como natação contínua geralmente combinando diferentes estilos em séries longas (>1000m), compostas de trabalhos isolados de



pernas, braços e exercícios educativos. Foram classificados como séries de LAN os nados contínuos realizados na intensidade de limiar anaeróbio ou nados intervalados depois de corrigidas as distâncias das repetições e o intervalo de repouso. Os esforços supra-limiares compreenderam todos os exercícios realizados com intensidades superiores ao LAN (no caso do nado crawl), nados realizados em velocidades próximas das máximas (para os demais estilos) ou esforços considerados exaustivos pelos técnicos e atletas (séries intensas de pernas, braços, e ritmo de prova para os principais estilos) (Figura 13).

Figura 13. Distribuição absoluta do volume semanal de treinamento, exceto as séries principais, realizadas em nado livre para ambos os grupos G_{Z1} e G_{Z2} . Z1: esforços

abaixo do limiar anaeróbio (LAN), Z2: esforços na intensidade de LAN e Z3: esforços supra-LAN.

O treinamento em nado atado (TNA) compreendeu 90% das séries principais. O TNA na intensidade de Z1 compreendeu esforços sub limiares (75% do LAN) e foram realizados de maneira mais contínua. Para os TNA de Z2 (100% do LAN) e Z3 (150% do LAN) foi realizada uma média do tempo necessário para os esforços em nado livre e foram respeitados os mesmos intervalos de repouso.

Os grupos G_{Z1} e G_{Z2} realizaram o programa de treinamento proposto pelo treinador e os mesmos treinamentos na intensidade de Z3. No entanto o G_{Z1} com exceção dos treinamentos em Z3 realizou quase que a totalidade das séries principais com intensidade sub limiar enquanto que o G_{Z2} , também com exceção aos treinamentos em Z3 realizou quase que a totalidade das series principais de treinamento na intensidade de Z2. Desse modo o G_{Z1} treinou 520 min, 5 min e 20min nas intensidades Z1, Z2 e Z3 respectivamente enquanto que o G_{Z2} treinou 5min, 390min e 20min nas intensidades Z1, Z2 e Z3 respectivamente (Figura 14).

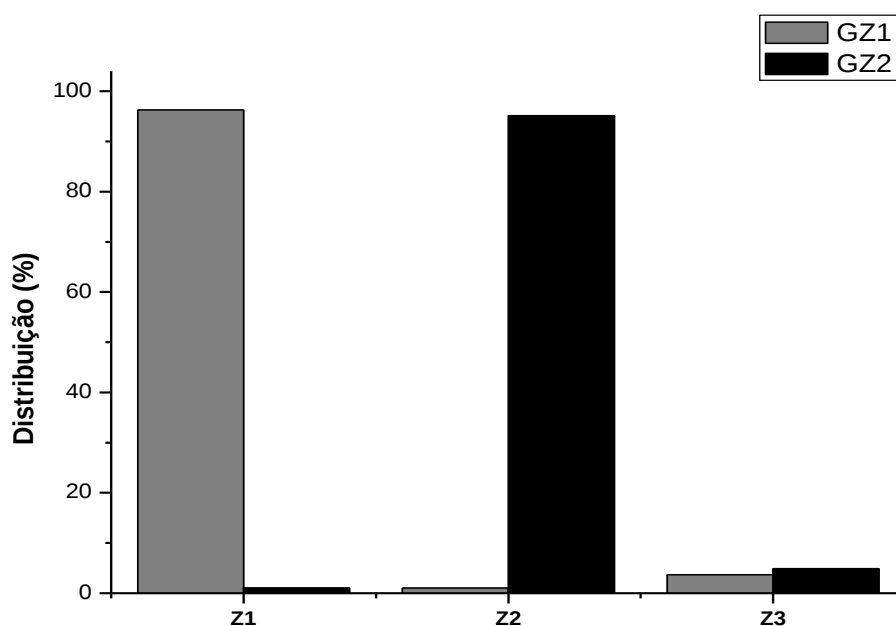


Figura 14. Distribuição relativa (%) do volume de treinamento das séries principais que foram realizadas em nado atado para os grupos G_{Z1} e G_{Z2} . Z1: esforços abaixo do limiar

anaeróbio (LAN), Z2: esforços na intensidade de LAN e Z3: esforços na intensidade acima do LAN (supra-LAN).

Tratamento estatístico

Para todas as análises a normalidade dos dados foi testada e confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk.. Além disso, a normalidade das medidas foi verificada com o teste de Shapiro-Wilk. A partir disso, os resultados entre os momentos e entre os grupos, foram comparados por meio da ANOVA two-way, seguida do post-hoc de tukey. O nível de significância será fixado em $p < 0,05$.

10.4. Resultados: Estudo 2

No decorrer de todas as semanas treinamentos não foram observadas diferenças no TRIMP entre os grupos. No entanto foram observadas diferenças significativas entre os grupos para os valores de força durante os treinamentos ($p=0,04$) e na porcentagem da força máxima atingida na fase incremental do teste de lactato mínimo (FM_{LM}) ($p=0,004$) em que as sessões de treinamento foram realizadas, além disso, a PSE foi superior no grupo G_{Z2} (Tabela 5).

Entretanto, não foram observadas diferenças significativas ao longo do treinamento (T1, T2 e T3) para a FM_{LM} , as $[Lac]_{PICO}$ atingidas na fase incremental do lactato mínimo ($[Lac]_{PICO_{LM}}$) e no LAN, no entanto foi observada melhora nos parâmetros de FM_{LM} e no LAN (Tabela 6).

Tabela 5. Características das sessões de treinamentos realizadas abaixo do limiar anaeróbio ($Z1$; 75% do limiar anaeróbio) e na intensidade de limiar anaeróbio ($Z2$; 100% do limiar anaeróbio) no decorrer das semanas de treinamento.

	G_{Z1}	G_{Z2}
Força (N)	$34,07 \pm 6,96$	$46,75 \pm 9,68^*$
$\%FP_{TI}$	$62,58 \pm 12,79$	$88,27 \pm 17,01^*$
PSE	$10,36 \pm 0,86$	$14,21 \pm 0,57^*$
$TRIMP_{EXT}$ (u.a)	3000	3000
$TRIMP_{INT}$ (u.a)	$431,25 \pm 110,90$	$427,78 \pm 61,85$

$\%FP_{TI}$: porcentagem da força pico durante teste incremental; PSE: percepção subjetiva de esforço; $[Lac]$: concentração média de lactato durante a sessão; $TRIMP_{EXT}$: impulso de treinamento de carga externa; $TRIMP_{INT}$: Impulso de treinamento da carga interna.

Tabela 6. Valores médios $\pm$ desvio padrão das variáveis fisiológicas monitoradas pré-treinamento (T1), após seis semanas (T2) e após o polimento (T3).

	T1		T2		T3	
	Z1	Z2	Z1	Z2	Z1	Z2
FM _{LM} (N)	54,67 $\pm$ 12,16	59,45 $\pm$ 14,25	57,93 $\pm$ 19,22	58,84 $\pm$ 16,24	63,09 $\pm$ 14,11	61,01 $\pm$ 14,44
[Lac] _{PICOLM} (mM)	6,15 $\pm$ 2,47	6,75 $\pm$ 2,20	3,57 $\pm$ 1,78	4,59 $\pm$ 2,42	4,74 $\pm$ 3,15	4,47 $\pm$ 2,90
LAN (N)	48,87 $\pm$ 9,12	47,14 $\pm$ 10,18	51,23 $\pm$ 17,99	50,83 $\pm$ 14,92	50,97 $\pm$ 11,97	48,64 $\pm$ 9,86

FM_{LM}: força máxima atingida na fase incremental do lactato mínimo; [Lac]_{PICOLM}; concentrações de lactato após a fase incremental do lactato mínimo; LAN: limiar anaeróbio.

Com relação às variáveis do esforço máximo de três minutos, utilizado para a indução a hiperlactacidemia no teste de lactato mínimo, a Fcrit não apresentou diferença significativa entre os períodos de avaliação (figura 15), no entanto o G_{Z1} assim como o G_{Z2} houve uma redução significativa no impulso total, entre os momentos T1 e T3 (Figura 16). A FM apresentou uma redução significativa entre os momentos T1 e T3, apenas para o G_{Z2} (Figura 17). Nenhuma outra variável do esforço máximo de três minutos foi significativamente alterada com o treinamento proposto (Figuras 18, 19 e 20).

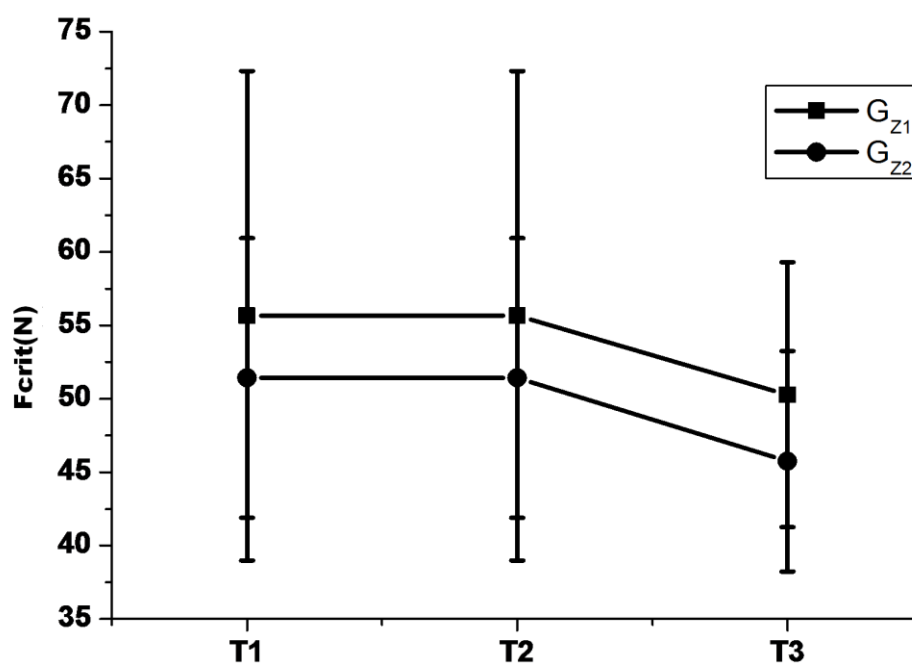


Figura 15. Valores médios, $\pm$ desvio padrão para os valores da Força crítica (Fcrit) obtidos no esforço máximo de 3min no pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente para o grupo Z1 (sub limiar) e Z2 (intensidade de limiar de lactato).

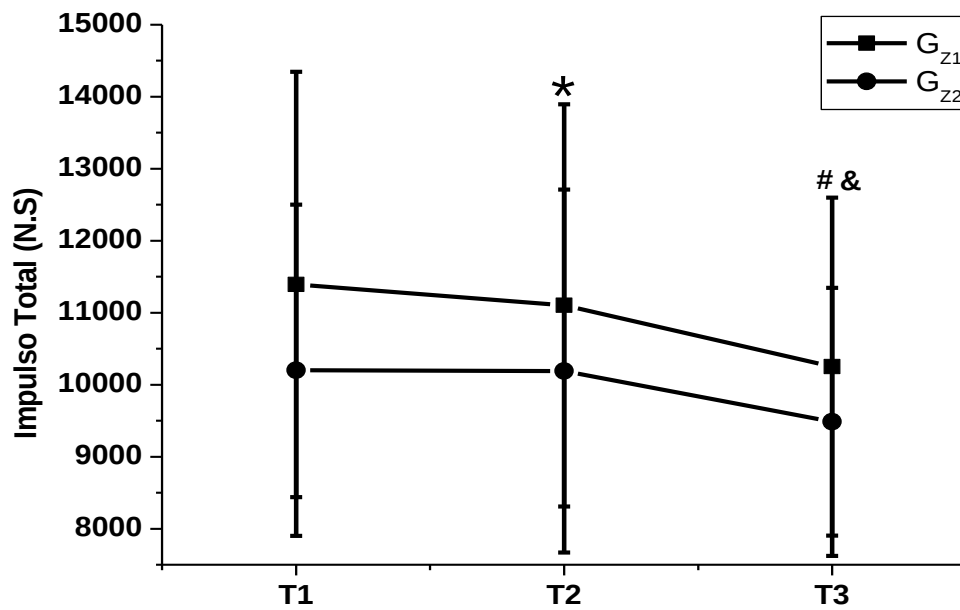


Figura 16. Valores médios, $\pm$ desvio padrão para os valores do impulso total obtidos no esforço máximo de 3min no pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente para o grupo Z1 (sub limiar) e Z2 (intensidade de limiar de lactato). *G_{Z2} diferença significativa T1, # G_{Z2} diferença significativa T1, & G_{Z1} diferença significativa T1.

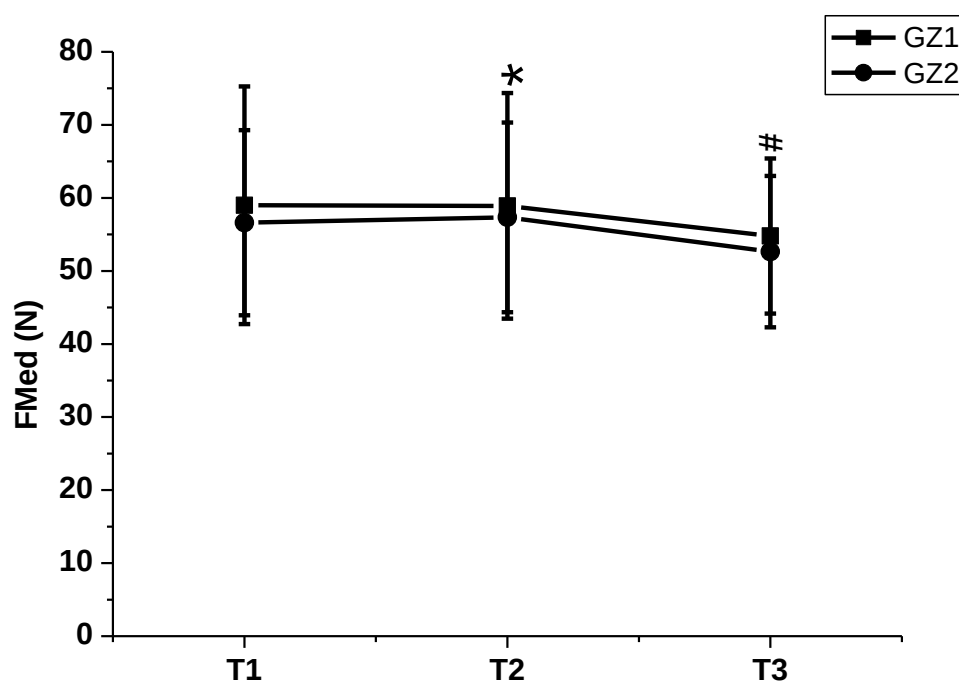


Figura 17. Valores médios, $\pm$ desvio padrão para os valores da força média (FMed) obtida durante esforço máximo de 3min no pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente para o grupo Z1 (sub limiar) e Z2 (intensidade de limiar de lactato). **G_{Z2}, diferença significativa em relação a T1, # G_{Z2}, diferença significativa em relação a T2.

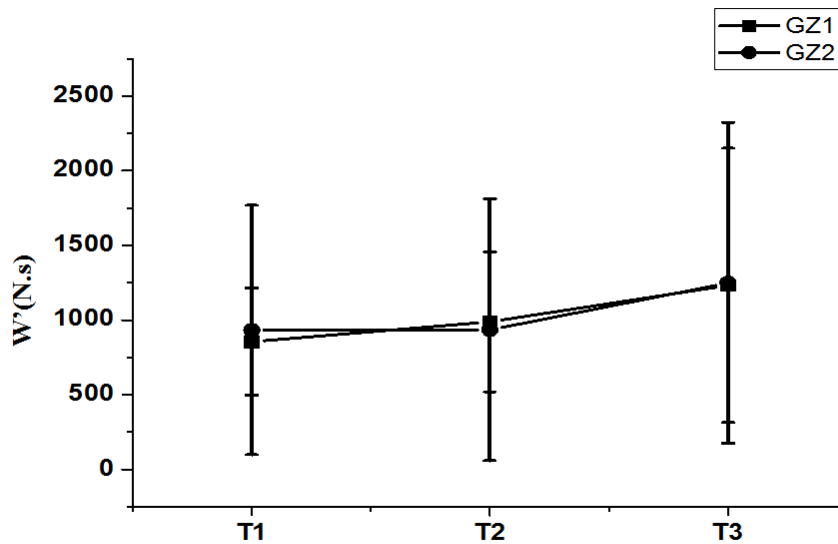


Figura 18. Valores médios, $\pm$ desvio padrão para os valores área do trabalho realizado acima da F_{crit} (W') obtida durante esforço máximo de 3min no pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente, grupo Z1 (sub limiar) e Z2 (intensidade de limiar de lactato).

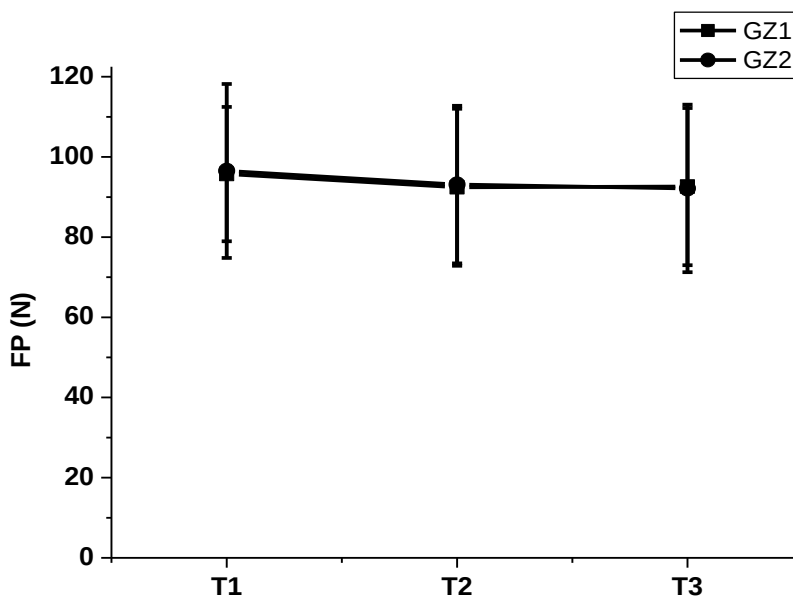


Figura 19. Valores médios, $\pm$ desvio padrão para os valores de força pico (FP) obtidos durante esforço máximo de 3min no pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente, grupo Z1 (sub limiar) e Z2 (intensidade de limiar de lactato).

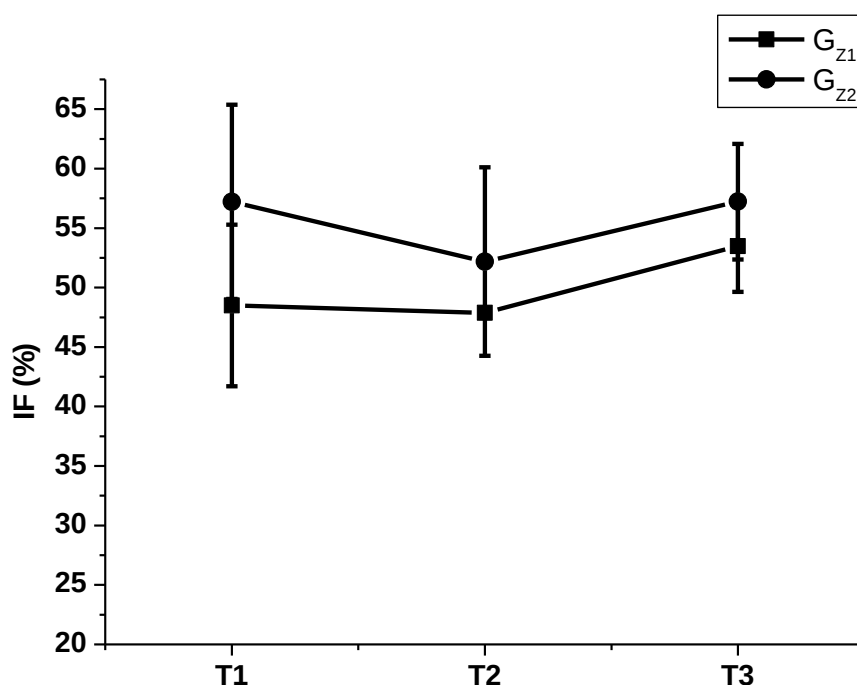


Figura 20. Valores médios, $\pm$ desvio padrão para os valores de índice de fadiga (IF) obtida durante esforço máximo de 3min no pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente, grupo Z1 (sub limiar) e Z2 (intensidade de limiar de lactato).

Os valores médios dos parâmetros analisados da VFC estão apresentados nas figuras 21, 22, 23. Em relação aos dados do domínio do tempo e domínio da frequência somente o grupo Z2 apresentou diferença significativa para LF, entre os momentos T1 e T3 ($p=0,04$), demonstrando um aumento da atividade simpática.

Os valores da porcentagem da variação dos parâmetros analisados na VFC estão apresentados nas figuras 24,25 e 26. Os valores de SDNN apresentaram variação de 25 e 55% entre T2 e T3, respectivamente. A RMSSD apresentou somente no T3 uma variação de 40%. Embora as variáveis do domínio da frequência tenham apresentado um comportamento semelhante às variáveis do domínio do tempo, a porcentagem de variação de LF foi de 100 e 200% para T2 e T3 respectivamente, e o HF apresentou

uma variação de 150% do T3. O balanço simpato vagal do T2 e T3 dos G_{Z1} e G_{Z2} está apresentado na figura 26.

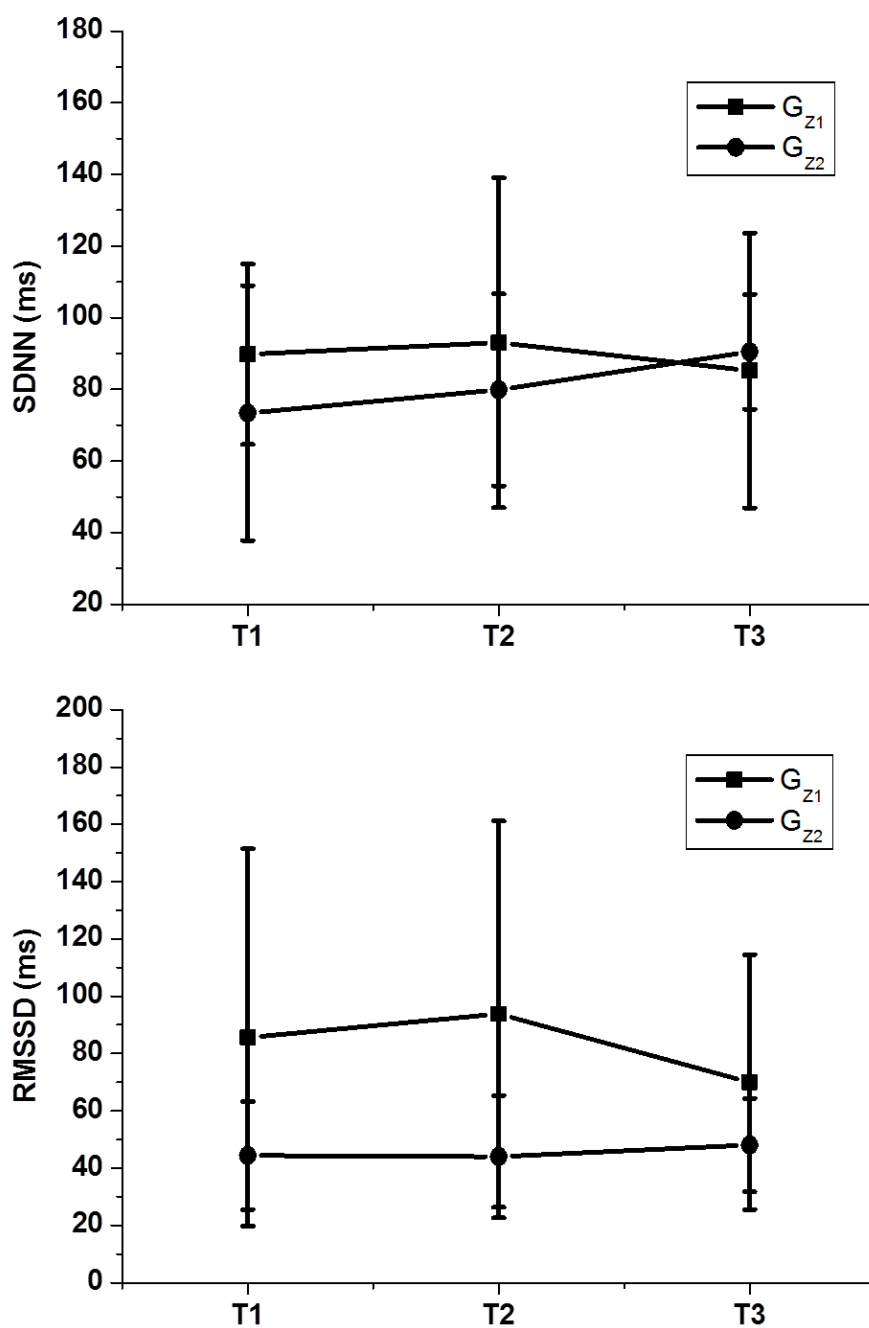


Figura 21. Média, $\pm$ desvio padrão dos valores ligados aos índices de domínio do tempo, SDNN (desvio padrão de todos os intervalos R-R) e RMSSD (raiz quadrada da média

do quadrado das diferenças entre intervalos de R-R) em todos os períodos de avaliação, pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente do grupo Z1(sub limiar) e Z2 (intensidade do limiar de lactato). *grupo Z2 diferença semana T1

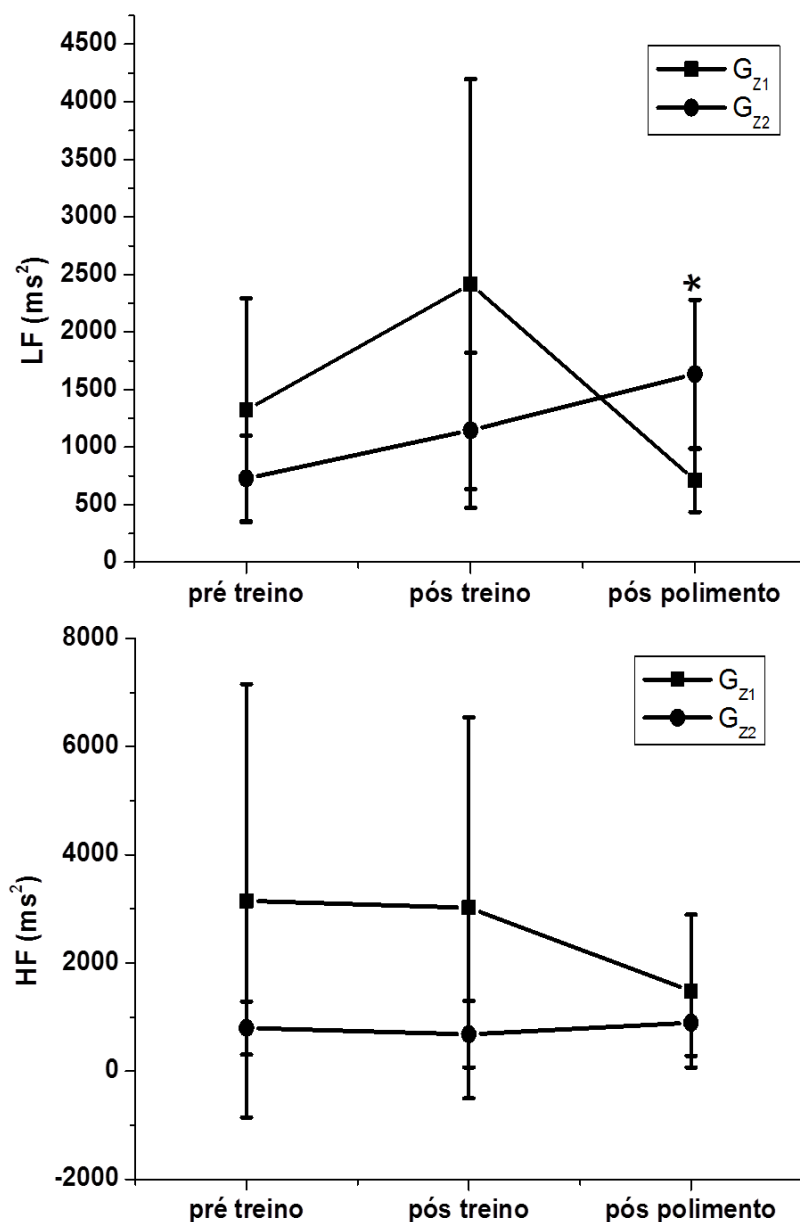


Figura 22. Média, $\pm$ desvio padrão dos valores ligados aos índices do domínio da frequência LF (componente de baixa frequência) e HF (componente de alta frequência) em todos os períodos de avaliação, pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3)

respectivamente do grupo Z1(sub limiar) e Z2 (intensidade do limiar de lactato). *G_{Z2} diferença a T1

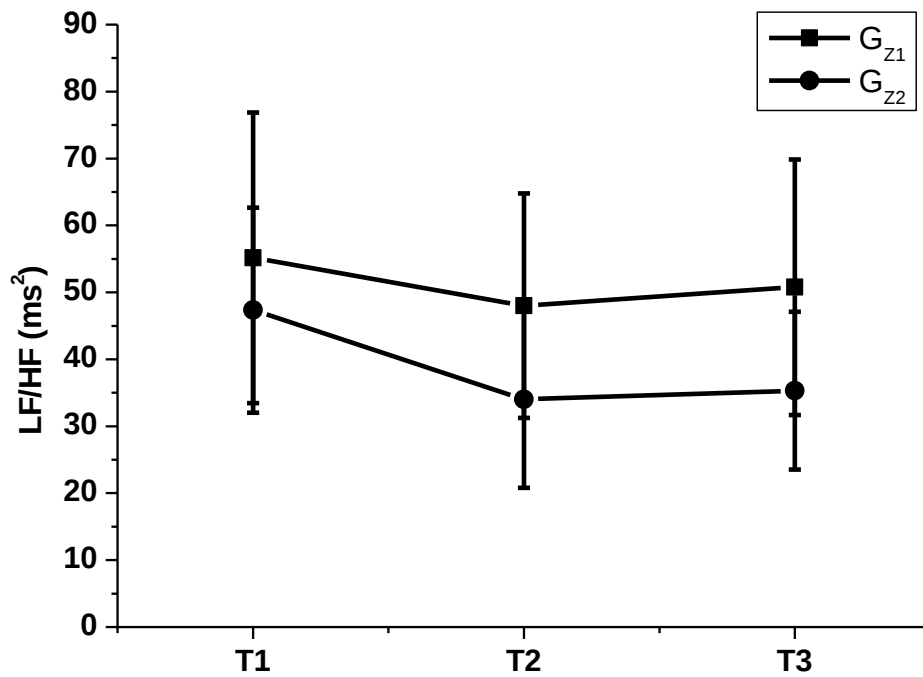


Figura 23. Média, $\pm$ desvio padrão da relação LF/HF (componente de baixa frequência/ componente de alta frequência) em todos os períodos de avaliação, pré e pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente, dos grupos Z1(sub limiar) e Z2 (intensidade do limiar de lactato).

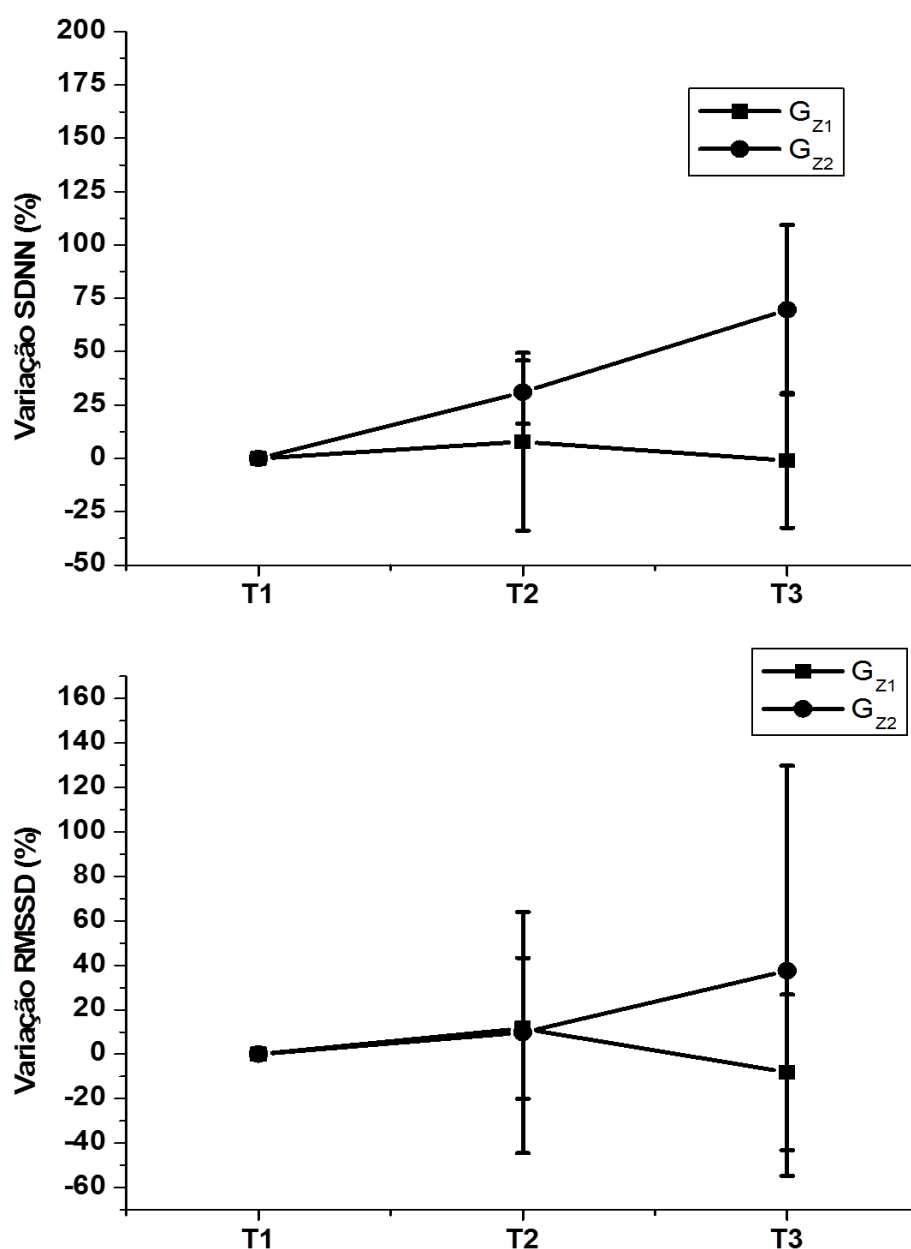


Figura 24. Porcentagem de variação dos valores ligados aos índices de domínio do tempo, SDNN (desvio padrão de todos os intervalos R-R) e RMSSD (raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos de R-R) em todos os períodos de avaliação, pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente do grupo Z1(sub limiar) e Z2 (intensidade do limiar de lactato).

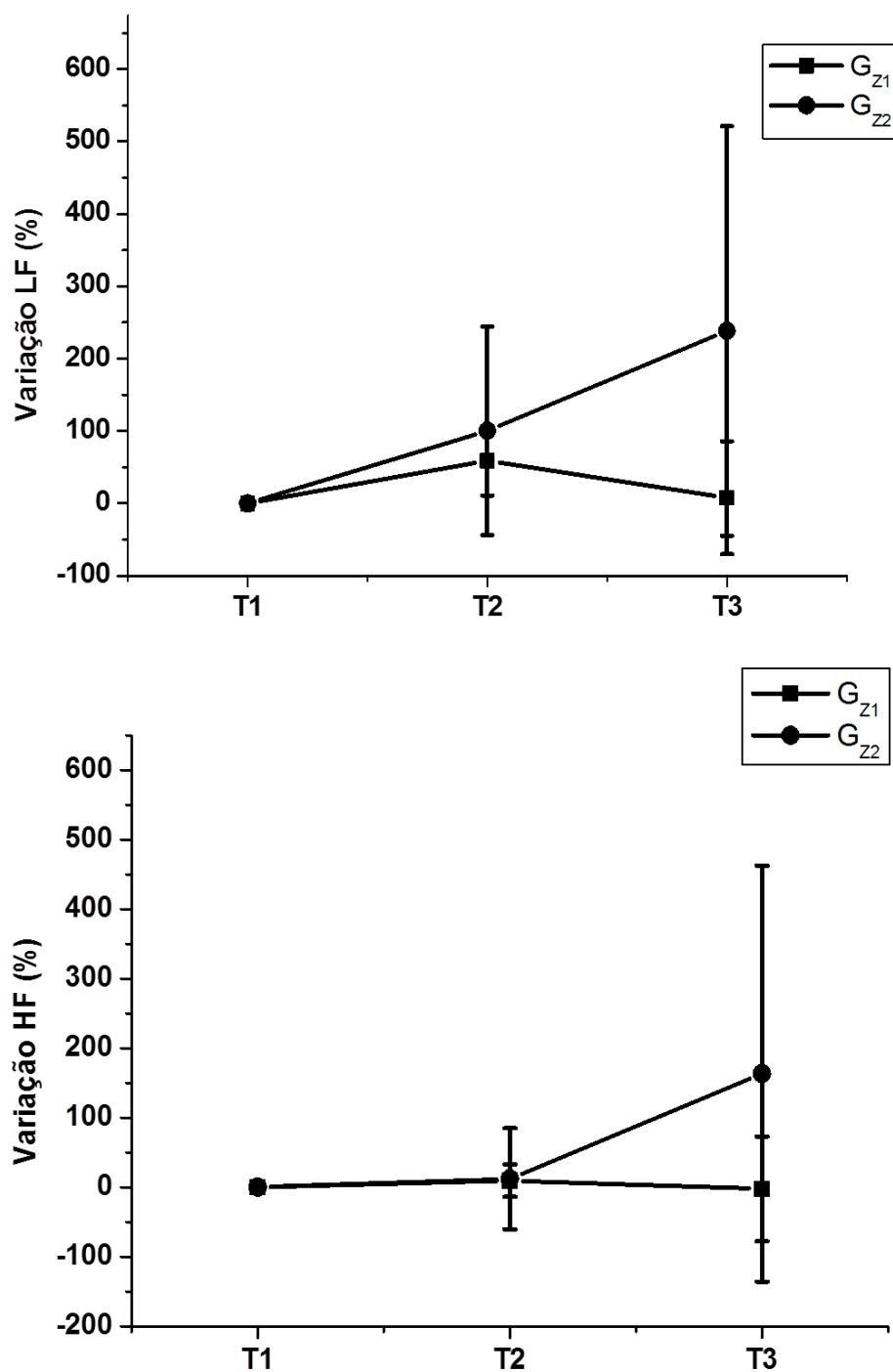


Figura 25. Porcentagem de variação valores ligados aos índices do domínio da frequência LF (componente de baixa frequência) e HF (componente de alta frequência) em todos os períodos de avaliação, pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente do grupo Z1(sub limiar) e Z2 (intensidade do limiar de lactato).

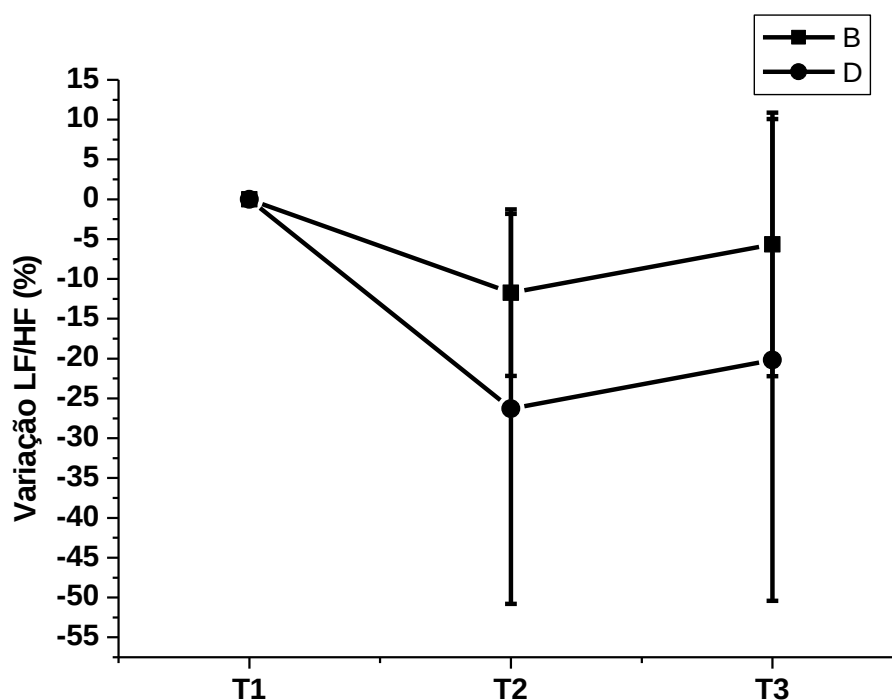


Figura 26. Porcentagem de variações da relação LF/HF (componente de baixa frequência/ componente de alta frequência) em todos os períodos de avaliação, pré e pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente, dos grupos Z1(sub limiar) e Z2 (intensidade do limiar de lactato).

Os valores das variáveis bioquímicas estão apresentados na figura 27, somente LDH do grupo G_{Z2} apresentou diferença significativa entre os diferentes períodos de T2 e T3 em relação a T1. Na figura 28 estão apresentadas as porcentagens de variação dos parâmetros bioquímicos. Os valores de LDH apresentaram uma variação de 8 e 16% para T2 e T3, respectivamente, o ac. úrico apresentou 40 e 20% de variação pra T2 e T3, respectivamente e a CK apresentou 30% de variação para os dois momentos (Figura 28).

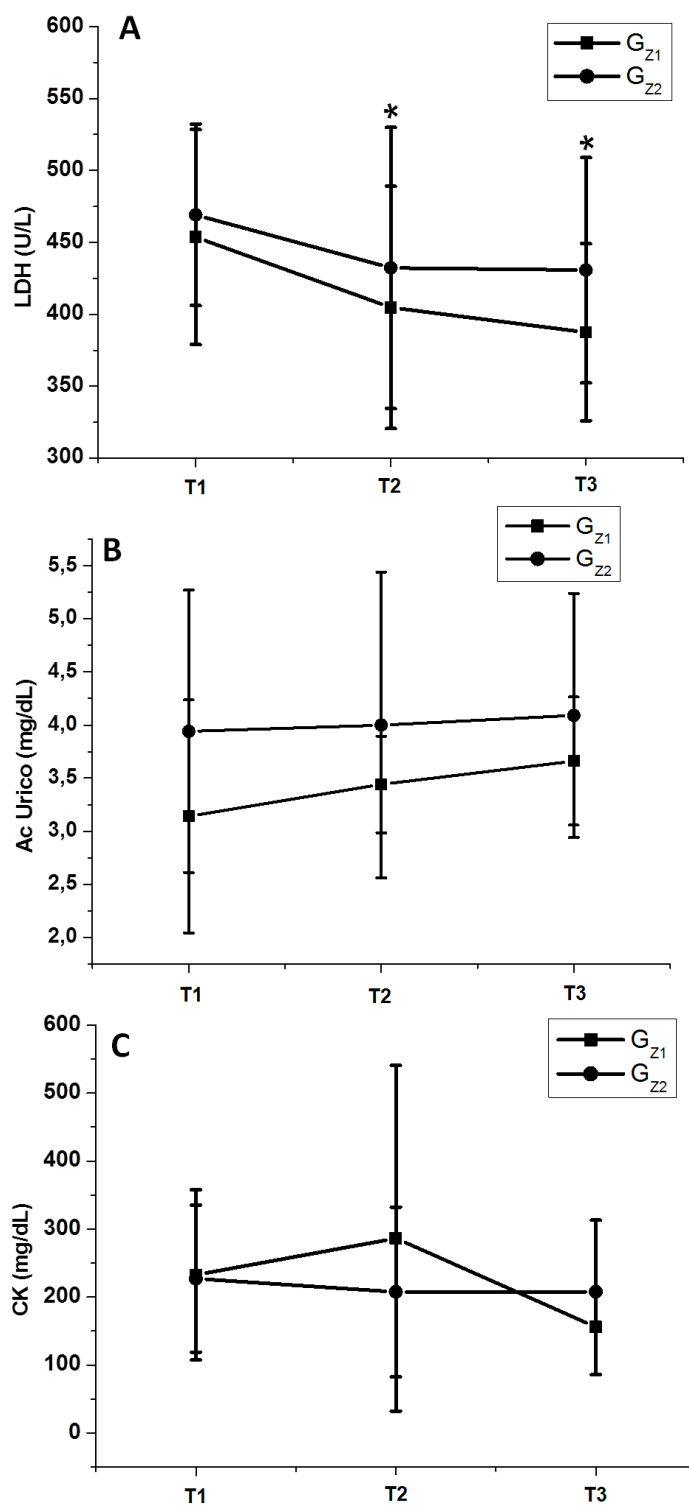


Figura 27. Média, $\pm$ desvio padrão dos valores bioquímicos nas situações de pré treinamento, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente, A-

Lactato desidrogenase, B- ácido úrico e C-creatina kinase.*G_{Z2}diferença ao pré treinamento.

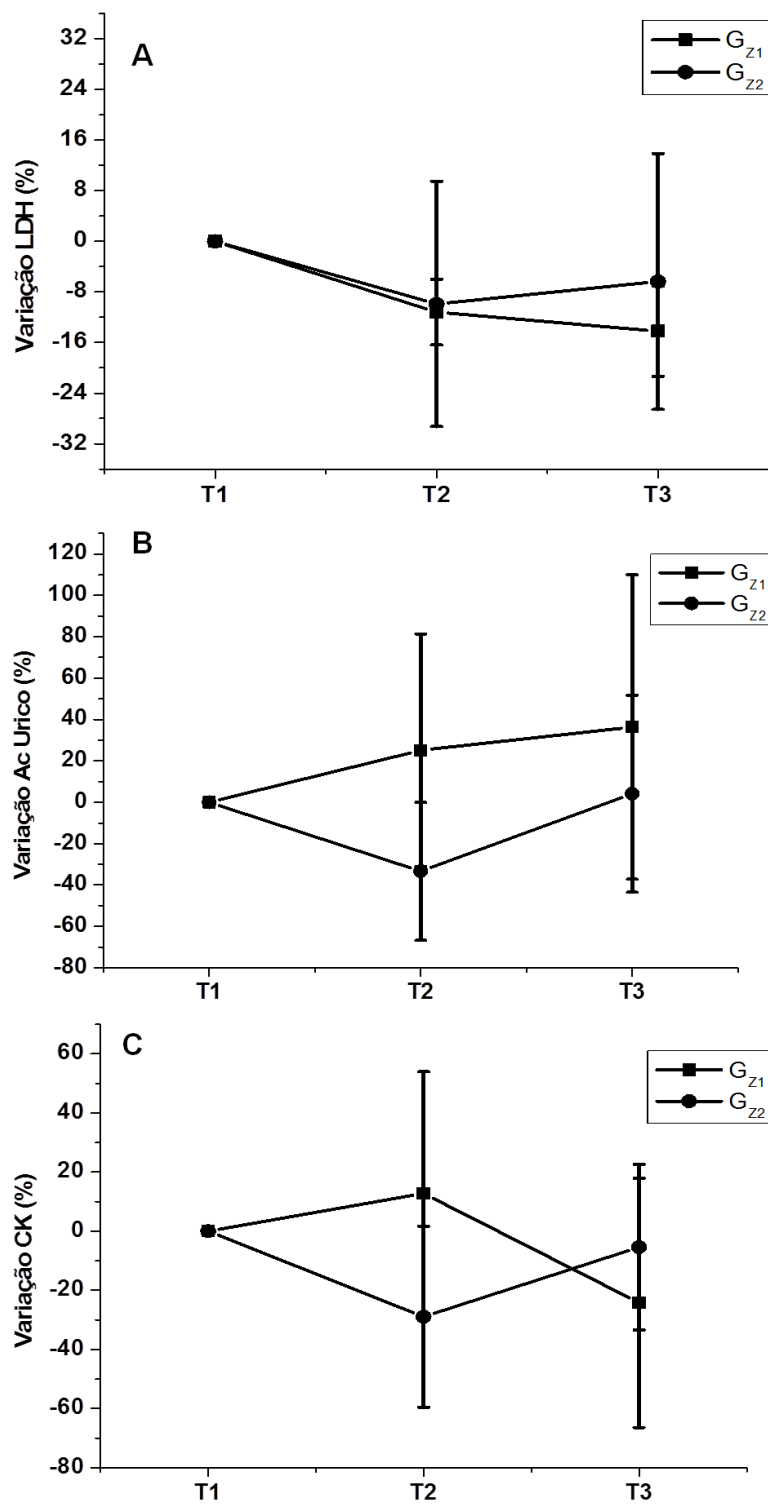


Figura 28. Porcentagem de variação dos valores bioquímicos nas situações de pré treinamento, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente, A- Lactato desidrogenase, B- ácido úrico e C-creatina kinase.

Na figura 29 estão apresentados os valores médios da velocidade de 200m livre em três diferentes momentos T1, T2 e T3. Para o G_{Z1} foram encontradas diferenças significativas no desempenho em relação a T1 tanto para T2 como para T3. No G_{Z2} não foram observadas diferenças significativas. O G_{Z1} apresentou uma variação média positiva de 5%, sendo que o G_{Z2} demonstrou uma alteração negativa de 4% (Figura 30). A $vT30$ não foi alterada significativamente durante o treinamento, no entanto houve uma notável melhora no $GZ1$ (Figura 31).

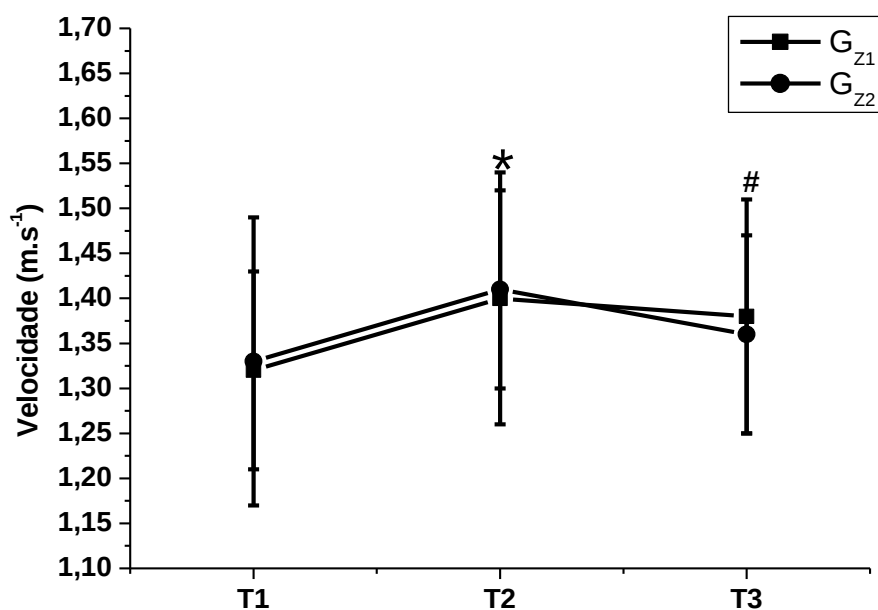


Figura 29. Média, $\pm$ desvio padrão do tempo do desempenho de 200M dos grupos Z1(sub limiar) e Z2(intensidade de limiar) em nado livre nas situações de pré treino, pós treino e pós polimento (T1, T2 e T3) respectivamente. * G_{Z1} diferença T1. # G_{Z1} diferença T2

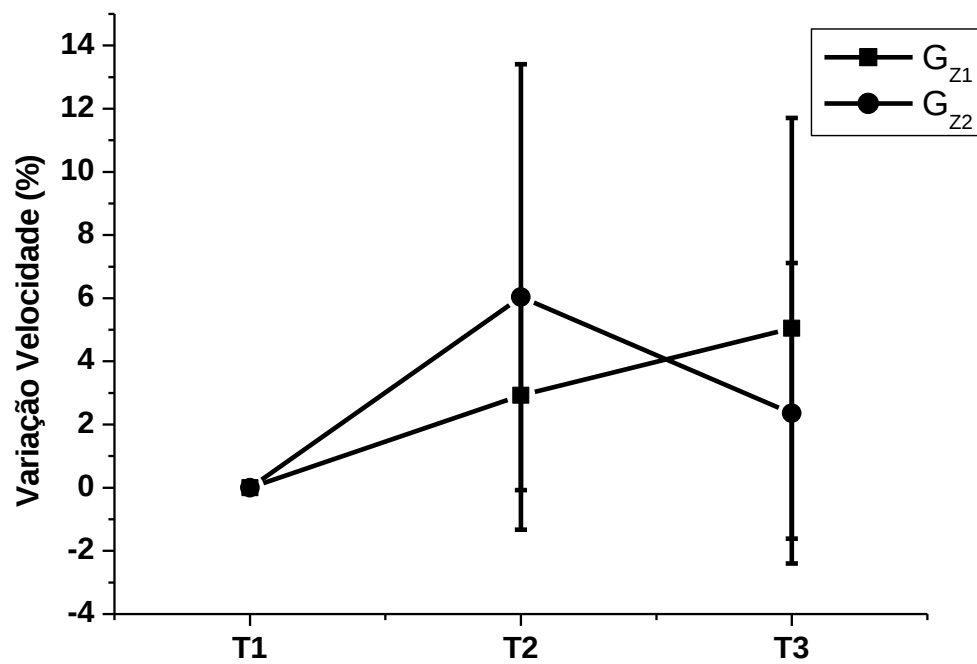


Figura 30. Porcentagem de variação dos valores da velocidade do desempenho de 200m nas situações de pré treinamento, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3) respectivamente.

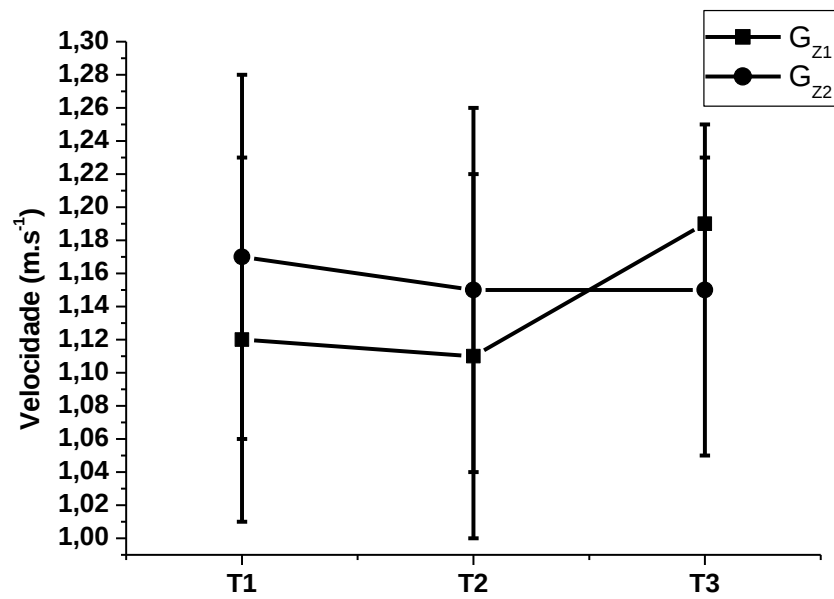


Figura 31. Média, $\pm$ desvio padrão dos valores de velocidade provenientes do teste T30 para os grupos Z1(sub limiar) e Z2 (intensidade de limiar de lactato) no período pré, pós treinamento e após polimento (T1, T2 e T3).

10.5. Discussões estudo 2

Os principais achados deste estudo demonstram que seis semanas de treinamento em nado atado com carga equiparada, induziram melhoras expressivas em G_{Z1} em relação a situação de pré treinamento para o desempenho em 200m.

Para avaliar as possíveis adaptações induzidas pelo treinamento em nado atado, o presente projeto utilizou o teste de lactato mínimo realizado em nado atado. Esta metodologia foi escolhida principalmente por não ser influenciada pelo estado nutricional dos avaliados (TEGTBUR et al. 1993), evitando assim resultados falso-positivos durante o treinamento proposto.

Além disso, estudos prévios realizados em nosso laboratório, demonstram que o LAN determinado por meio do teste de lactato mínimo é muito bem relacionado ao determinado no teste incremental (i.e. método bi-segmentado) (KALVA-FILHO, 2013), o qual pode ser utilizado para a estimativa da máxima fase estável de lactato (PAPOTI et al. 2010). O LAN determinado por meio do teste de lactato mínimo também apresenta reprodutibilidade satisfatória (erro típico = 2,8N; coeficiente de variação = 9,6%), demonstrando ser sensível a pequenas alterações induzidas pelo treinamento (KALVA-FILHO, 2013).

Outra vantagem do protocolo de lactato mínimo é a possibilidade de determinação de parâmetros anaeróbios na sua primeira fase (i.e. indução a hiperlactacidemia), o que foi potencializado aplicando-se o esforço máximo de três minutos. Estudos prévios realizados no nosso laboratório demonstram que a relação força vs tempo observada durante o esforço máximo de três minutos pode ser utilizada para avaliação aeróbia e anaeróbia de nadadores (KALVA-FILHO, 2011; KALVA-FILHO, 2012; KALVA-FILHO, 2013a), assim como ocorre em ciclo ergômetro por meio da relação potência vs tempo (i.e. All-Out 3-min; VANHATALO et al. 2007). Além disso, a maioria dos parâmetros determinados por meio do esforço máximo de três minutos apresenta elevada reprodutibilidade, demonstrando a possibilidade de utilização para a identificação de pequenas alterações induzidas pelo treinamento (KALVA-FILHO, 2013b).

Entretanto, o presente estudo não observou diferenças significativas no LAN determinado por meio do lactato mínimo. Neste sentido, alguns fatores como as $[Lac]_{PICO}$ observadas após a fase de indução, a duração da fase de recuperação e o protocolo utilizado na fase incremental, podem influenciar na determinação do LAN pelo lactato mínimo (MACINTOSH et al. 2002; STRUPLER et al. 2009). Concordando com os achados do presente projeto, Carter et al. (1999) não observaram alterações no LAN determinado pelo lactato mínimo após seis semanas de treinamento, mesmo com a melhora da aptidão aeróbia. Desse parece não ter ocorrido melhora nos parâmetros aeróbios.

Para nosso conhecimento, os resultados apresentados são os primeiros obtidos por meio do esforço máximo de três minutos aplicado em nadadores. Em ciclo ergômetro, a potência crítica determinada por este método apresenta sensibilidade ao treinamento aeróbio de alta intensidade, diferentemente do trabalho realizado acima da potência crítica (W') (VANHATALO, DOUST e BURNLEY, 2008). No presente estudo, apenas o impulso total e a FM foram alteradas com o treinamento, o que pode ser explicado pela maior reprodutibilidade destas variáveis.

Não foram observadas diferenças significativas em alguns parâmetros como LAN e FM_{LM} durante os períodos de avaliação, no entanto houve uma melhora em ambos os grupos sendo a melhora acentuada no GZ1. Kindermann et al.(1979); Denis et al.(1984); Londeree et al.(1997) e Gastkill et al. (2004) mostraram uma melhora em parâmetros como VO_2max e nos limiares ventilatório e de lactato de sujeitos que treinavam de dois a três meses em intensidades baixas (Z1).

A PSE observada durante as sessões de treinamento apresentou diferenças significativas entre o G_{Z1} e G_{Z2} . Seiler e Kjerland (2006) observaram que por meio da PSE é possível verificar qual intensidade de treinamento tem sido empregado no esforço, demonstrando que esta variável pode ser utilizada para o controle do treinamento. O presente estudo, assim como Rafaelli et al. (2011), demonstrou que a PSE é sensível em verificar diferentes intensidades de treinamento (i.e. abaixo e equivalente ao LAN).

A maioria dos estudos que tiveram o objetivo de investigar a relação da VFC com a carga de treinamento, demonstraram que as alterações do sistema autônomo em relação à carga de treino são altamente específicas. Índices do domínio do tempo não

apresentaram diferença significativa em nenhum dos grupos, porém o G_{Z2} apresentou uma porcentagem de variação desses parâmetros elevada sugerindo um predomínio parassimpático assim como demonstrado anteriormente (BERNARDI et al. 1997; RACZAK et al. 2005). Atlaoui et al. (2006) após estudo de 34 semanas com nadadores demonstraram que uma alta atividade parassimpática esta diretamente ligada a melhores respostas de desempenho. Os resultados observados no presente estudo estão de acordo com os supracitados, tendo em vista que os nadadores do G_{Z1} apresentaram diferenças mais expressivas e positivas no desempenho. Entretanto, o G_{Z2} apresentou uma elevação significativa da LF variável a qual esta ligada ao predomínio ação de componente simpático sobre o coração. De acordo com estudos anteriores do presente projeto esforços de maior intensidade são responsáveis por maior sobrecarga do sistema nervoso, no entanto, não foram verificadas grandes diferenças entre o G_{Z1} e G_{Z2} para os dados provenientes da VFC.

O balanço simpatovagal verificado através do LF/HF o qual segundo estudo de Rumenig et al. (2006) tem uma queda nos seus valores após esforços, apesar de não ter apresentado uma diferença significativa, a porcentagem de variação demonstra que independente do grupo de treinamento, houve um queda nessa variável induzida pelo efeito crônico. Desse modo, a VFC parece ser uma ferramenta de fácil aplicação e baixos custos para o monitoramento do treinamento em natação.

Segundo Fu, You e Kong (2002) a CK e a LDH são importantes marcadores de lesão, pois são capazes de verificar diferenças na concentração após um esforço de 100m na corrida. Petter et al. (2002) analisaram atletas de voleibol, basquete, natação e atletas de travessia e observaram níveis elevados para ambos CK e LDH após o treinamento, e como conclusão do estudo apontaram a CK como sendo melhor parâmetro para verificar a sobrecarga do treinamento. Corroborando com o presente estudo Hoffman et al.(2005) não encontraram alterações na concentração de CK ao longo do treinamento, os mesmos apontaram que as lesões provocadas pelo treinamento pode ter provocado uma adaptação do sistema muscular a carga de treinamento. No entanto de maneira contraria a CK a LDH apresentou uma diferença significativa. Segundo Gleeson et al. (2002) e Brancaccio et al. (2008), dependendo da isoforma, a enzima o LDH cataliza a transformação de ácido pirúvico em ácido lático ou vice-versa. Dessa forma LDH é considerado um parâmetro identificador de dano muscular

(BRANCACCIO et al. 2008; PASCHALIS et al. 2005). Poucos estudos tem utilizado o LDH como um marcador, e os que utilizam não discutem com profundidade seus resultados. O G_{Z2} apresentou uma diferença significativa de LDH revelando uma queda na concentração dessa variável nos períodos de avaliação, demonstrando menor estresse ao longo do treinamento. Segundo Garry, Mcshane (2000) a continuidade do treinamento faz com o que os níveis de concentração máxima plasmáticas das enzimas musculares tendam a diminuir.

A partir dos resultados do estudo piloto e 1, a intensidade foi apontada como fator chave das respostas agudas encontradas corroborando com estudos como de Mujika et al. (1995) e Mujika, (2010). No entanto, os valores de desempenho de 200m livre do estudo 2 revelaram diferenças significativas mostrando que os G_{Z1} (maior volume, menor intensidade) apresentam uma melhora no desempenho, além disso, os resultados apresentados em relação ao T30 mostram uma clara melhora do G_{Z1} , concordando com os resultados de Seiler et al. (2006), Esteve-lanao et al. (2007) e Seiler & Kjerland, (2006), os quais defendem que treinamento com elevado volume e baixa intensidade tem promovido maiores ganhos aeróbios e de desempenho em diferentes modalidades.

De maneira contrária Faude et al. (2008) ao comparar dois modelos de treinamento para um grupo de nadadores, revelaram que o treinamento de maior volume não promoveu melhores respostas fisiológicas, psicológicas, mecânicas e de desempenho. Porém Corroborando com o presente estudo Esteve-Lanao et al. (2007) compararam os efeitos do treinamento realizado abaixo ($Z1$) e no LAN ($Z2$). Neste estudo, as intensidades do treinamento foram definidas por meio da frequência cardíaca correspondente ao limiar anaeróbio e ponto de compensação respiratória. Os resultados demonstraram que a melhora no desempenho aeróbio (10,4 km) do G_{Z1} ($-157 \pm 13s$) foi significativamente superior ao G_{Z2} ($-121,5 \pm 7,1s$). Além disso, Seiler (2007) em revisão de literatura apresentou evidências de que a distribuição de aproximadamente 80% e 20% para os treinamentos de baixa (<2mM) e alta intensidade parece proporcionar excelentes resultados a longo prazo em atletas de endurance. Da mesma forma Esteve Lanao et al.(2005) associaram a melhora do desempenho em eventos de

curta duração ao treinamento realizado predominantemente em baixa intensidade (Z1). Desse modo, parece que assim como em corredores e ciclistas, o treinamento em nado atado realizado em elevado volume e baixa intensidade, é mais efetivo para o ganho de desempenho.

10.6. Conclusão: Estudo 2

O estudo 2 da presente dissertação demonstrou que :

O treinamento de força em nado atado não foi eficaz em melhorar variáveis aeróbias e anaeróbias, determinadas por meio do teste de lactato mínimo e do esforço máximo de três de minutos.

O treinamento em nado atado realizado predominantemente em G_{Z2} não altera significativamente o desempenho de nadadores.

11. CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO

O treinamento realizado com no “limiar” seguido de um período de polimento resultou em maior atividade simpática em comparação ao treinamento “polarizado”.

É sugerido maior dano muscular para o grupo que utilizou o modelo baseado no limiar em comparação ao grupo que treino de modo polarizado.

O modelo de treinamento polarizado mostrou melhores resultados em ao desempenho de 200m, quando comparado a situação pré e pós treinamento.

Para melhoras da capacidade aeróbia e potencia aeróbia, não foi observada superioridade entre os modelos de treinamentos utilizados.

12. REFERÊNCIAS

1. AKSELROD S, GORDON D, MADWED JB, SNIDMAN NC, SHANNON DC, Cohen RJ. Hemodynamic regulation: Investigation by spectral analysis. *Am J Physiol*, 1985. 249: H867–75.
2. ALMEIDA, A. G.; CUNHA, F. A. P; ROSA, M. R. R.; KOKUBUN, E. Força crítica em nado atado: relações com o lactato sanguíneo e consumo de oxigênio. *Rev. Bras. Cienc. Esporte, Campinas*, 2002. v. 24, n. 1, p. 47-59, set,
3. ARMSTRONG RB. Mechanics of exercise induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*.1984.16:529-538.
4. ATLAOUI, D, DUCLOS, M, GOUARNE, C, LACOSTE, L, BARALE, F, AND CHATARD, JC. The 24-h urinary cortisol/cortisone ratio for monitoring training in elite swimmers. 2004. *Med. Sci Sports Exerc* 36: 218–224.
5. AUBERT AE, SEPS B, BECKERS F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med*. 2003;33(12):889-919,
6. BANISTER, E. W. Modeling elite athletic performance. In: *Physiological Testing of Elite Athletes*, H. J. Green, J. D. McDougal, and H. Wenger (Eds.). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.1991, pp. 403-424.
7. BARSTOW, T.J. Characterization of VO₂ kinetics during heavy exercise *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, 1994.v.26, p. 1327-1334.
8. BARSTOW, T.J.; MOLE, P.A. Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, 1991. v.71, p.2099-2106.
9. BERNARDI L., PASSINO C., ROBERGS R., APPENZELLER O. Acute and persistent effects of a 46- kilometer wilderness trail run at altitude: cardiovascular autonomic modulation and baroreflexes. *Cardiovasc*. 1997.Res;34:273-280,.
10. BONADUCE D, PETRETTA M, CAVALLARO V, APICELLA C, IANNICIELLO A, ROMANO M, BREGLIO R, MARCIANO F. Intensive training and cardiac autonomic control in high level athletes. 1998 *Med Sci Sports Exerc*: 30(5): 691–69.
11. BONEN A, WILSON BA, YARKONY M, BELCASTRO AN. Maximal oxygen uptake during free, tethered, and flume swimming. 1980. *J Appl Physiol* 48:232-235.

12. BORRESEN J, LAMBERT MI. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. 2009. *Sports Med*;39(9):779-95.
13. BOSQUET L, MONTPETIT J, ARVISAIS D, MUJIK A. Effects of tapering on performance: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 2007. Aug;39(8):1358-65.
14. BOUTCHER SH, STEIN P. Association between heart rate variability and training response in sedentary middle-aged men. 1995. *Eur J Appl Physiol*; 70: 75 – 80.
15. BRICKLEY G, CARTER H, DEKERLE J, CLARK S (2004). Physiological responses to exercise at critical swimming velocity. In: 9th Annual Congress of the European College of Sport Science. Clermont-Ferrand: 2004,
16. BUCHHEIT M, PEIFFER JJ, ABBISS CR, LAURSEN PB. Effect of cold water immersion on post exercise parasympathetic reactivation. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2009; 296(2):H421-H427.
17. BUCHHEIT M, SIMON C, PIQUARD F, EHRHART J, BRANDENBERGER G. Effects of increased training load on vagal-related indexes of heart rate variability: a novel sleep approach. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2004. 287: H2813–H2818.
18. BURGOMASTER KA, HUGHES SC, HEIGENHAUSER GJ, BRADWELL SN, GIBALA MJ. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. 2005. *J Appl Physiol*, Jun; 98(6):1985-90.
19. BURGOMASTER KA, CERMAK NM, PHILLIPS SM, BENTON CR, BONEN A, GIBALA MJ. Divergent response of metabolite transport proteins in human skeletal muscle after sprint interval training and detraining. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2007 May; 292(5):R1970-6.
20. BURGOMASTER KA, HEIGENHAUSER GJ, GIBALA MJ. Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. *J Appl Physiol*. 2006 Jun; 100(6):2041-7.
21. BURGOMASTER KA, HOWARTH KR, PHILLIPS SM, RAKOBOWCHUK M, MACDONALD MJ, MCGEE SL, GIBALA MJ. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol*. 2008 Jan 1;586(1):151-60.a

22. BURNLEY M, DOUST JH, VANHATALO A. (2006). A 3-min all-out test to determine peak oxygen uptake and the maximal steady state. *Med Sci Sports Exerc*, 38(11):1995-2003.doi: 10.1249/01.mss.0000232024.06114.a6
23. COELHO GRECO C, DENADAI BS. (2005). Relationship between Critical Speed and endurance Capacity in Young Swimmers: Effect of Gender and Age. *Pediatric Exercise Science*, 17: 353-63
24. COSTILL DL, FLYNN MG, KIWAN JP, HOUMARD JA, MITCHELL JB, THOMAS R, PARK SH. Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 20, p. 249-254, 1988.
25. COSTILL DL, THOMAS R, ROBERGS RA, PASCOE D, LAMBERT C, BARR S, FINK W. J. Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 23, p. 371-377, 1991.
26. COSTILL, D. L. KOVALESKI, J. PORTER, D. KIRWAN, J. FIELDING, R. E KING. D. Energy expenditure during front crawl swimming: Predicting success in middle-distance events. *International Journal of Sports Medicine*, 6(5):266{270, 1985
27. COSTILL, D.L., F.RAYFIELD, J.KIRWAN, E R. THOMAS. A computer based system for the measurement of force and power during front crawl swimming. *J. Swim. Res.* 2:16-19, 1986
28. DANILOWICZ-SZYMANOWICZ L., RACZAK G., SZWOCH M., RATKOWSKI W.,TORUNSKI A.B. the effect of anaerobic and aerobic tests on autonomic nervous system activity In healthy young athletes. *Biology of Sport*, Vol. 27 No1, 2010.
29. DE MEERSMAN RE. Respiratory sinus arrhythmia alteration following training in endurance athletes. *Eur J Appl Physiol* 1992 ; 64 : 434 – 436
30. DE SOUZA MJ, ARCE JC, PESCATELLO LS, SCHERZER HS, LUCIANO AA. Gonadal hormones and semen quality in male runners. *Int J Sports Med* 1995; 15:383-91.
31. DEKERLE J, PELAYO P, CLIPET B, DEPRETZ S, LEFEVRE T, SIDNEY M. (2005). Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. *Int J Sports Med*, 26: 524-30.

32. DEKERLE J, SIDNEY M, HESPEL JM, PELAYO P. (2002). Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *Int J Sports Med*, 23: 93-8
33. DENADAI BS, GRECO CC, TEIXEIRA M. (2000). Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10-12 years of different standards. *J Sports Sci*, 18: 779-84 doi: 10.1249/mss.0b013e31802dd3e6
34. ESTEVE-LANAO J, FOSTER C, SEILER S, LUCIA A. Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *J Strength Cond Res*. 2007 Aug;21(3):943-9
35. FAHRNER CL, HACKNEY AC. Effects of endurance exercise on free testosterone concentration and the binding affinity of sex hormone binding globulin (SHBG). *Int J Sports Med* 1998;19:12-5
36. FAUDE O, MEYER T, SCHARHAG J, WEINS F, URHAUSEN A, KINDERMANN W. Volume vs. intensity in the training of competitive swimmers. *J Sports Med* 2008;29:906-912.
37. FAZAN R Jr, HUBER DA, SILVA CA, DIAS DA SILVA VJ, SALGADO MC, SALGADO HC. Sildenafil acts on the central nervous system increasing sympathetic activity. *J Appl Physiol*. 2008 Jun; 104(6):1683-9. Epub 2008 Apr 3
38. FERNANDES R J, CARDOSO C S, SOARES S M, ASCENSÃO A, COLAÇO P J, VILAS-BOASJ P. Time limit and VO_2 slow component at intensities corresponding to VO_{2max} in swimmers. *Int J Sports Med* 2003 ; 24 : 576 – 581
39. FISKESTRAND A, SEILER KS. Training and performance characteristics among Norwegian international rowers 1970-2001. *Scand J Med Sci Sports*. 2004; 14:303-310.
40. FLYNN MG, PIZZA FX, BOONE JRBJ, ABDRES FF, MICHAUD TA, RODRIGUES-ZAYAS JR. Indices of training Stress During Competitive Running and Swimming Seasons. *International Journal Sports Medicine*, v. 15, p. 21-26, 1994.
41. FOSTER C, LEHMANN M. Overtraining syndrome. In: Guten GN, ed. *Running Injuries*. Philadelphia, PA: WB Saunders; 1997:J73–J188.
42. FOSTER C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med Si Sports Exerc*; 30(7): 1164-68, 1998

43. FOSTER C, FLORHAUG JA, FRANKLIN J, GOTTSCHALL L, HROVATIN LA, PARKER S, DOLESHAL P, DODGE C. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 2001;15(1): 109-15
44. FLYNN, MG, PIZZA, FX, BOONE, JB JR, ANDRES, FF, MICHAUD, TA, AND RODRIGUEZ-ZAYAS, JR. Indices of training stress during competitive running and swimming seasons. *Int J Sports Med* 15: 21–26, 1994
45. FRANÇA, Sheila Carla A.; BARROS NETO, Turíbio L.; AGRESTA, Marisa C.; LOTUFO, Renata F. M. & KATER, Claudio E. Resposta divergente da testosterona e do cortisol séricos em atletas masculinos após uma corrida de maratona. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, v. 50, n. 6, p. 1.082-1.087, São Paulo, dezembro, 2006.
46. FRANCIS JT JR, QUINN TJ, AMANN M, LAROCHE DP. Defining intensity domains from the end power of a 3-min all-out cycling test, *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42: 1769- 1775
47. FRY AC, KRAEMER WJ, RAMSEY LT. Pituitary-adrenalgonaadal responses to high-intensity resistance exercise overtraining. *J Appl Physiol* 1998;85(6):2352-9
48. FU, F. H.; YOU, C. Y.; KONG, Z. W. Acute changes in selected serum enzyme and metabolite concentrations in 12-to 14-yr,-old athletes after an all-out 100-M swimming sprint. *Perceptual and Motor Skills*, New York, v. 95, p. 1171-1178, 2002.
49. G. MAVRIDIS, C. KABITSIS, V. GOURGOULIS, AND A. TOUBEKIS. Swimming velocity improved by specific resistance training in age-group swimmers. In J. P. Vilas-Boas, F. Alves, and A. Marques, editors, *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pages 304-306. *Portuguese Journal of Sport Sciences* Vol. 6 Suppl. 2, 2006.
50. GAESSER, G.A. & POOLE, D.C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exercise and Sports Science Review*, Baltimore, v. 24, p.35-70, 1996.
51. GARCIA-PALLARES, J., SANCHEZ-MEDINA, L., PEREZ, C.E., IZQUIERDO-GABARREN, M., IZQUIERDO, M. Physiological Effects of Tapering and Detraining in World-Class Kayakers. *Medicine and Science in Sports and exercise*, Vol. 42, No.6, pp. 1209-1214, 2010.

52. GIROLD, S.; MAURIN, D; DUGUE, B. Effects of dry-land vs. resisted- and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *J Strength Cond Res*, v. 21, n. 2, p. 599-605, 2007.
53. GIROLD, S; CALMELS, P; MAURIN, D; MILHAU, N; CHATARD, J. Assisted and Resisted Sprint Training in Swimming. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. v. 20, n. 3, (547-554), 2006.
54. GODOY MF, TAKAKURA IT, CORREA PR. 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 Ciênc Saúde* 2005; 12(4): 167-71.
55. GUGLIELMO LGA, DENADAI BS. Correlação do teste de Wingate de braço com a capacidade de trabalho anaeróbia determinada através do conceito de velocidade crítica na natação. *Motriz (Suplemento)* 1999;5:92
56. EDWARDS, S. High performance training and racing. In: *The Heart Rate Monitor Book*, S. Edwards (Ed.). Sacramento, CA: Feet Fleet Press, 113-23, 1993.
57. LUCIA A, HOYOS J, SANTALLA A, EARNEST C, CHICHARRO JL. Tour de France versus Vuelta a Espana: Which is harder? *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35(5): 872-78
58. HAUTALA A, et al. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clin Physiol* 2001; 21(2): 238-245.
59. HEDELIN R, WIKLUND U, BJERLE P, HENRIKSSON-LARSÉN K. Pre-and post –season heart rate variability in adolescent cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports* 2000;10:298-303(b)
60. HEFFERNAN KS, FAHS CA, SHINSAKO KK, JAE SY, FERNHALL B. Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007; 293: H3180-H3186
61. HILL, DW; POOLE, DC; SMITH, JC. The relationship between power and the time to achieve VO₂max . *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 34, p. 709-714, 2002.

62. HOOPER SL, MACKINNON LT, HOWARD A. Physiological and psychometric variables for monitoring recovery during tapering for major competition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 31, p. 1205-1210, 1999.
63. HOOPER SL, MACKINNON LT, HOWARD A, GORDON DR, BACHMANN AW. Markers for monitoring overtraining and recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.27, p.106-112, 1995.
64. HOTELLING H. Relations between two sets of variables. *Biometrika* 1936; 28: 321-377
65. HOUSH, D. J.; HOUSH, T. J.; BAUGE, S. M. A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. *Res. Q. Exerc. Sport.*, v. 61, n. 4, p. 406-409, 1990
66. IELLAMO F, LEGRAMANTE JM, PIGOZZI F, SPATARO A, NORBIATO G, LUCINI D, AND PAGANI M. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. *Circulation* 105: 2719–2724, 2002.
67. IELLAMO F, PIGOZZI F, SPATARO A, LUCINI D, PAGANI M. T-wave and heart rate variability changes to assess training in world-class athletes. *Med Sci Sports Exerc* 36: 1342–1346, 2004.
68. ISSURIN VB. New Horizons for the Methodology and Physiology of Training Periodization. *Sports Med* 2010; 40 (3): 189-206
69. IWASAKI K, ZHANG R, ZUCKERMAN JH, LEVINE BD. Dose–response relationship of the cardiovascular adaptation to endurance training in healthy adults: how much training for what benefit? *J Appl Physiol* 2003; 95: 1575–1583.
70. JANSSEN E, KUIPERS H, KEIZER H. Plasma CPK and AST activity and plasma testosterone after 200 KM speedskating. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v.18, p. 42, 1986.
71. JAVORKA M, ZILA I, BALHÁREK T, JAVORKA K. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Braz J Med Biol Res* 2002;35: 991-1000
72. JÜRIMÄE J, HALJASTE K, CICCHELLA A, LÄTT E, PURGE P, LEPIIK A, JÜRIMÄE T. Analysis of swimming performance from physical, physiological, and

- biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatr Exerc Sci*. 2007 Feb;19(1):70-81.
73. KALVA-FILHO, C. A. Validação de um teste específico para determinação do máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) e da máxima fase estável de lactato em nado atado. Presidente Prudente, 2013. Originalmente apresentada em forma de dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, 2013.
74. KALVA-FILHO, C. A. ; LOURES, J. P. ; NETTO, J. G. ; ARAUJO R.G. ; BRUM, C.D. ; ANDRADE, V.L. ; CAMPOS, E.Z. ; PAPOTI, M. . Correlação entre índices obtidos por meio do esforço máximo de três minutos em nado atado e a capacidade anaeróbia determinada em nado livre. In: Congresso nacional de educação física, 2011, Bauru. Reunindo experiências e produzindo saberes na educação física, 2011. KALVA-FILHO, C. A. ; ARAUJO, M.Y.C. ; LOURES, J. P. ; SILVA, M.S. ;
75. BALIKIAN JR. P. ; ZAGATTO, A. M. ; PAPOTI, M. . Parâmetros aeróbios e anaeróbios durante o esforço máximo de três minutos em nado atado. In: iv congresso brasileiro de metabolismo, nutrição e exercício, 2012, Londrina. IV Congresso brasileiro de metabolismo, nutrição e exercício, 2012. v. IV.
76. KALVA-FILHO, C. A. ; ARAUJO, M.Y.C. ; LOURES, J. P. ; GOBATTO, C. A. ; ZAGATTO, A. M. ; PAPOTI, M. . Physiological parameters of a 3-min all-out tethered swimming test. In: VIII Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana XIV Simpósio Paulista de Educação Física, 2013, Rio Claro. Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana, 2013a.
77. KALVA-FILHO, C. A. ; ARAUJO, M.Y.C. ; ALMEIDA, P.B. ; GOBATTO, C. A. ; ZAGATTO, A. M. ; PAPOTI, M. . Reprodutibilidade do esforço máximo de três minutos realizado em nado atado e suas correlações com o desempenho em nado livre. In: VIII Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana XIV Simpósio Paulista de Educação Física, 2013, Rio Claro. Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana, 2013b.
78. KESKINEN KL, RODRÍGUEZ FA, KESKINEN OP. Respiratory snorkel and valve system for breath-by-breath gas analysis in swimming. *Scand J Med Sci Sports*. 2003; 13:322-9

79. KESKINEN, K.L. Evaluation of technique performances in freestyle swimming. *Kinesiology*. 2:30–38, 1997
80. KIRWAN JP, COSTILL DL, FYNN MG, MITCHELL JB, FINK WJ, NEUFER PD, HOUMARD JA. Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.20, p.255-259, 1988.
81. KIVINIEMI AM, HAUTALA AJ, MAKIKALLIO TH, SEPPANEN T, HUIKURI HV, TULPPO MP. Cardiac vagal outflow after aerobic training by analysis of high frequency oscillation of the R–R interval. *Eur J Appl Physiol* 2006; 96: 686–692
82. KJENDLIE, R. STALLMAN, J. CABRI (EDS.), Book of proceedings of the XI Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, pp. 291–293. Oslo: Norwegian School of Sport Sciences
83. KUIPERS H, VERSTAPPEN FTJ, KEIZER HA, GUERTEN P, VAN KRANENBURG P. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *Int J Sports Med*, v.6, p.197-2011985.
84. LAURSEN PB, JENKINS DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimizing training programmers and maximizing performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med*. 2002; 32: 53-73.
85. LEHMANN M, GASTMANN U, PETERSEN KG et al. Training-overtraining: performance, and hormone levels, after a defined increase in training volume versus intensity in experienced middle- and long-distance runners. *Br J Sports Med* (1992b); 26: 233–242.
86. LEHMANN M, SCHNEE W, SCHEU R, STOCKHAUSEN W, BACHL N. Decreased nocturnal catecholamine excretion: parameter for an overtraining syndrome in athletes? *Int J Sports Med* (1992c); 13: 236–242
87. LIMA MC, RIBEIRO LF, PAPOTI M, SANTIAGO PR, CUNHA SA, MARTINS LE, GOBATTO CA. A semi-tethered test for power assessment in running. *Int J Sports Med*. 2011 Jul;32(7):529-34. Epub 2011 May 11.
88. LOIMAALA A, HUIKURI H, OJA P, PASANEN M, VUORI I. Controlled 5-moaerobic training improves heart rate but not heart rate variability or baroreflex sensitivity. *J Appl Physiol* 2000 ; 89 : 1825 – 1829

89. MACKINNON, L.T. Immunity in athletes. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.18, p.S62-8, 1997.
90. MACKINNON, LT, HOOPER, SL, JONES, S, GORDON, RD, AND BACHMANN, AW. Hormonal, immunological, and hematological responses to intensified training in elite swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 29: 1637–1645 1997
91. MAGLISCHO EW. The Application of Energy Metabolism to Swimming Training. In: *Swimming and Science V*. Champaign, IL: Human Kinetics, p.209-218, 1988.
92. MAGLISHO EW. *Nadando Ainda Mais Rápido*. São Paulo: Manole, 1999.
93. MANZI V, CASTAGNA C, PADUA E, LOMBARDO M, D’OTTAVIO S, MASSARO M, VOLTERRANI M, IELLAMO F. Dose-response relationship of autonomic nervous system responses to individualized training impulse in marathon runners. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 296: H1733–H1740, 2009.
94. MARTINMÄKI K, RUSKO H, KOOISTRA L, KETTUNEN J, SAALASTI S. Intraindividual validation of heart rate variability indices to measure vagal effects on the heart. *Am J Physiol* 2006; 290: H640 – H647
95. MATSUMOTO I, ARAKI H, TSUDA K, ODAJIMA H, NISHIMA 15. S, HIGAKI Y, ET AL. Effects of swimming training on aerobic capacity and exercise induced bronchoconstriction in children with bronchial asthma. *Thorax* 1999;54(3):196-201.
96. MINAHAN , C., M. CHIA, E O. INBAR. DOES POWER INDICATE CAPACITY ? 30s Wingate anaerobic test vs. maximal accumulated O2 deficit . *Int J. Sports Med*. 28:836-843, 2007
97. MOROUÇO P, KARI L. KESKINEN, VILAS-BOAS JP, FERNANDES RJ. Relationship between Tethered Forces and the Four Swimming Techniques Performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 2011, 27, 161-169
98. MOREIRA, A.; NAKAMURA, F. Y.; CAVAZZONI, P. B.; GOMES, J. H.; MARTIGNAGO, P. O efeito da intensificação do treinamento na percepção subjetiva de esforço da sessão e nas fontes e sintomas de estresse em jogadores jovens de basquetebol. *Revista da Educação Física/UEM*, v. 21, n. 2, p. 287-296, 2010.

99. MUJIKA I, BUSO T, LACOSTRE L, BARALE F, GEYSSANT A, CHARAD J. Modeled responses to training and taper in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v.28, p.251-258, 1996.
100. MUJIKA I, CHATARD CJ, PADILHA S, GUEZENEC CY, GEYSSANT A. Hormonal responses to training and its tapering off in competitive swimmers: relationships with performance. *European Journal of Applied Physiology*, v.74, p.361-366, 1996b.
101. MUJIKA I. Intense training: the key to optimal performance before and during the taper. *Scand J Med Sci Sports*. 2010 Oct;20 Suppl 2:24-31
102. MUJIKA, I., A. GOYA, E. RUIZ, A. GRIJALBA, J. SANTISTEBAN, and S. PADILLA. Physiological and performance responses to a 6-day taper in middle-distance runners: influence of training frequency. *Int. J. Sports Med*. 23: 367-373, 2002.
103. MUJIKA, I.; CHATARD, J. C.; BUSO, T.; GEYSSANT, A.; BARALE, F.; LACOSTE, L. Effects of training on performance in competitive swimming. *Can J Appl Physiol* 1995; 20: 395–406.
104. MUJIKA, I.; SANTISTEBAN, J.; CASTAGNA, C. In-season effect of short-term sprint and Power training programs on elite junior soccer players. *J Strength Cond Res*, v. 23, n. 9, p. 2581-2587, 2009.
105. MUÑOZ I, SEILER S, BAUTISTA J, ESPAÑA J, LARUMBE E, ESTEVE-LANAO J. Does Polarized Training Improve Performance in Recreational Runners? *Int J Sports Physiol Perform*. 2013 May 22. [Epub ahead of print]
106. MUÑOZ I, CEJUELA R, SEILER S, LARUMBE E, ESTEVE-LANAO J. Training Intensity Distribution During an Ironman Season: Relationship With Competition Performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2013 Aug 6. [Epub ahead of print]
107. NAKAMURA FY, SOARES –CALDEIRA LF , LAURSEN PB, POLITO MD, LEME LC, BUCHHEIT M. Cardiac autonomic responses to repeated shuttle sprints. *Int J Sports Med* 2009; 30(11): 808-813
108. NEAL CM, HUNTER AM, BRENNAN L, O'SULLIVAN A, HAMILTON DL, DE VITO G, GALLOWAY SD. Six weeks of a polarized training intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations

- than a threshold model in trained cyclists. *J Appl Physiol* (1985). 2013 Feb 15;114(4):461-71. doi: 10.1152/jappphysiol.00652.2012. Epub 2012 Dec 20.
109. NEAL CM, HUNTER AM, GALLOWAY SD. A 6-month analysis of training-intensity distribution and physiological adaptation in Ironman triathletes. *J Sports Sci*. 2011 Nov;29(14):1515-23. doi: 10.1080/02640414.2011.596217. Epub 2011 Oct 4.
 110. NOGUEIRA DM, STRUFALDI B, HIRATA MH, ABDALLA DSP, HIRATA RDC. *Métodos de Bioquímica Clínica: Técnica e Interpretação*. ed.Pancast. 327-331, 1990.
 111. NUMMELA A, HYNYNEN E, KAIKKONEN P, RUSKO H. Endurance performance and nocturnal HRV indices. *Int J Sports Med* 2010; 31: 154–159
 112. OZYENER, F.; ROSSITER, H.B.; WARD, S.A.; WHIPP, B.J. Influence of exercise intensity on the on and off transient Kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. *Journal of Physiology, Cambridge*, v.533, n.3, p.891-902, 2001.
 113. PAPOTI M, MARTINS L, CUNHA S, ZAGATTO A, GOBATTO C. Padronização de um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbia de nadadores utilizando células de carga. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 2003, vol. 3, nº 3 [36–42].
 114. PAPOTI M, MARTINS LE, CUNHA SA, ZAGATTO AM, GOBATTO CA. Effects of taper on swimming force and swimmer performance after an experimental ten-week training program. *J Strength Cond Res*. v.21, n.2, p.538-42, 2007.
 115. PAPOTI M, VITÓRIO R, ARAÚJO G G, MARTINS L E B, CUNHA S A, GOBATTO C A. Força crítica em nado atado para avaliação da capacidade aeróbia e predição de performances em nado livre. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2010, 12(1): 14-20.
 116. PAPOTI M,BALIKIAN J P,DENADAI B S,LIMA MC S,SILVA AS R,SANTHIAGO V,GOBATTO C A. Adaptation of the VO2000 gas analyser's mask to mensuration of cardiorespiratory parameters in swimming.*Rev Bras Med Esporte* 2007 ; 13 : 190 – 194
 117. PAPOTI M,MARTINS LE B,CUNHA S A,ZAGATTO A M,GOBATTO C A. Effects of taper on swimming force and Swimmer performance after na experimental ten-week training program . *Strength Cond Res* 2007 ;21 : 538 – 542

118. PAPOTI M,ZAGATTO A M,FREITAS P B,CUNHA S A,MARTINS LE B,GOBATTO C A.Use of the y-intercept in the evaluation of the anaerobic fitness and performance prediction of trained swimmers . Rev Bras Med Esporte 2005 ; 11 : 126 – 130
119. PAPOTI, M; VITORIO R; ARAUJO, GG; SILVA, ARS; SANTHIAGO, V; MARTINS, LE; CUNHA, AS; GOBATTO, CA. Determination of Force Corresponding to Maximal Lactate Steady State in Tethered Swimming. Int J Exerc Sci, v.2: 269-279 2009.
120. PETTITT RW, JAMNICK N, CLARK IE. 3-min all-out exercise test for running.(2012). Int J Sports Med, 33(6), 426-431 doi: 10.1055/s-0031-1299749
121. PICHOT V, BUSO T, ROCHE F, GARET M, COSTES F, DUVERNEY D, LACOUR JR, AND BARTHELEMY JC. Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study. Med Sci Sports Exerc 34: 1660–1666, 2002.
122. PICHOT V, ROCHE F, GASPOZ JM, ENJOLRAS F, ANTONIADIS A, MININI P, COSTES F, BUSO T, LACOUR JR, AND BARTHELEMY JC. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. Med Sci Sports Exerc 32: 1729–1736, 2000
123. PORTIER H, LOUISY F, LAUDE D, BERTHELOT, AND GUEZENNEC CY. Intense endurance training on heart rate and blood pressure variability in runners. Med Sci Sports Exerc 33: 1120–1125 2001
124. RACZAK G., PINNA G.D., LA ROVERE M.T., MAESTRI R., DANILOWICZ-SZYMANOWICZ L., RATKOWSKI W., FIGURA-CHMIELEWSKA M., SZWOCH M., AMBROCH-DORNIK K. Cardiovascular response to acute mild exercise in young healthy subjects. Circ.J. 2005; 69:976-980
125. RAJENDRA ACHARYA U, PAUL JOSEPH K, KANNATHAL N, LIM CM, SURI JS. Heart rate variability: a review. Med Bio Eng Comput. 2006;44(12):1031-51
126. RAKOBOWCHUK M, TANGUAY S, BURGOMASTER KA, HOWARTH KR, GIBALA MJ, MACDONALD MJ. Sprint interval and traditional endurance training induce similar improvements in peripheral arterial stiffness and flow-mediated

- dilation in healthy humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2008 Jul;295(1):R236-42. Epub 2008 Apr 23.
127. RODRIGUEZ FA, MORENO D, KESKINEN KL. (2003). Validity of a two-distance simplified testing method for determining critical swimming velocity. In: Chatard JC (Ed.). *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*. Saint- Etienne: University of Saint Etienne, 385-90
 128. SANTHIAGO, V, DA SILVA, ASR, PAPOTI, M, AND GOBATTO, CA. Effects of 14-week swimming training program on the psychological, hormonal, and physiological parameters of elite women athletes. *J Strength Cond Res* 25(3): 825–832, 2011
 129. SCHNEIDER^I C,D; SILVEIRA^{II} M,M; MOREIRA^{III} J,C,F; BELLÓ-KLEIN^{IV} A; OLIVEIRA^V. Efeito do exercício de ultra resistência sobre parâmetros de estresse oxidativo. *Rev Bras Med Esporte* vol.15 no.2 Niterói Mar./Apr. 2009
 130. SEILER KS, KJERLAND GØ Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution? *Scand J Med Sci Sports*. 2006 Feb;16(1):49-56
 131. SEILER KS. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *Int J Sports Physiol Perform*. 2010 Sep;5(3):276-91. Review
 132. SEILER S, HAUGEN O, KUFFEL E. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Med Sci Sports Exerc*. 2007; 39:1366-1373.
 133. SOARES, S., SILVA, R., ALEIXO, I., MACHADO, L., FERNANDES, R.J., MAIA, J., et al. (2010). Evaluation of Force Production and Fatigue using an Anaerobic Test Performed by Differently Matured Swimmers. In: P-L.
 134. TANAKA H, COSTILL DL, THOMAS R, FINK WJ, WIDRICK JJ. Dray-land resistance training for competitive swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 25:952-959, 1993.
 135. TASK FORCE of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation* 1996; 93: 1043-1065

136. THOMAS L, MUJIK A, BUSSO T. A model study of optimal training reduction during pre-event taper in elite swimmers. *J Sports Sci.* 2008 Apr; 26(6):643-52.
137. TOUSSAINT HM, WAKAYOSHI K, HOLLANDER AP, OGITA F. (1998). Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. *Med Sci Sports Exerc*, 30: 144-51
138. TOUSSAINT, H. Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1990; 22, 409-415.
139. TOWN MH, GEHM S, HAMMER BA sensitive colorimetric method for enzymatic determination of uric acid. *Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biology*, v.23, n.9, p.591, 1985.
140. TYNDALL, GL, KOBE, RW, AND HOUMARD, JA. Cortisol, testosterone, and insulin action during intense swimming training in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 73: 61–65, 1996.
141. UUSITALO AL, HUTTUNEN P, HANIN Y, UUSITALO AJ, RUSKO HK. Hormonal responses to endurance training and overtraining in female athletes. *Clin J Sport Med* 1998; 8: 178–186.(b)
142. UUSITALO AL, UUSITALO AJ, RUSKO HK. Exhaustive endurance training for 6–9 weeks did not induce changes in intrinsic heart rate and cardiac autonomic modulation in female athletes. *Int J Sports Med* 1998; 19:532–40.
143. VANHATALO A, DOUST JH, BURNLEY M. (2007). Determination of critical power using a 3-min all-out cycling test. *Med Sci Sports Exerc*, 39(3), 548-555
144. VANHATALO A, DOUST JH, BURNLEY M.(2008). A 3-min all-out cycling test is sensitive to a change in critical power. *Med Sci Sports Exerc* , 40(9), 1693-1699 doi: 10.1249/MSS.0b013e318177871a
145. VESTERINEN V, HAKKINEN K, HYNYNEN E, MIKKOLA J, HOKKA L, NUMMELA A. Heart rate variability in prediction of individual adaptation to endurance training in recreational endurance runners. *Scand J Med Sci Sports* 2011
146. WAKAYOSHI K, YOSHIDA T, UDO M, HARADA T, MORITANI T, MUTOH Y, MIYASHITA M. Does critical swimming velocity represent exercise

- intensity at maximal lactate steady state? *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1993;66(1):90-95
147. WAKAYOSHI K, YOSHIDA T, UDO M, HARADA T, MORITANI T, MUTOH Y, MIYASHITA M. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 66: 90-5, 1993.
 148. WAKAYOSHI K, YOSHIDA T, UDO M, KASAI T, MORITANI T, MUTOH Y, MIYASHITA M. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *Int J Sports Med*, 13: 367-71, 1992.
 149. WALLACE, L. K.; SLATTERY, K. M.; COUTTS, A. J. The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *J Strength Cond Res*, v. 23, n. 1, p. 33-8, Jan 2009.
 150. YAMAMOTO Y, MUTOH Y, MIYASHITA M. Hematological and biochemical indices during the tapering period of competitive swimmers. In: *Swimming and Science V*. Champaign, IL: Human Kinetics. 243-249, 1988.
 151. YEATER, R.A., R.B.MARTIN, M.K. WHITE, E K.H. GILSON . Tethered swimming forces in the crawl, breast and back strokes and their relationship to competitive performance. *J. Biomech*. 14:527-537, 1981
 152. YU H, CHEN X, ZHU W, CAO C. A quasi-experimental study of Chinese top-level speed skaters' training load: threshold versus polarized model. *Int J Sports Physiol Perform*. 2012 Jun;7(2):103-12.