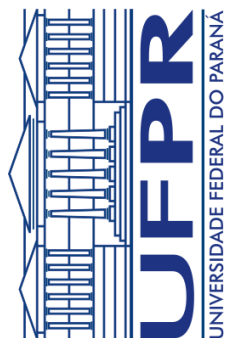


**SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**PAULA TAMBURI BORGES**

**“RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DURANTE UMA  
TEMPORADA DE TREINAMENTO EM JOVENS  
NADADORES”**



**CURITIBA  
2011**

**PAULA TAMBURI BORGES**

**“RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DURANTE UMA  
TEMPORADA DE TREINAMENTO EM JOVENS  
NADADORES”**

Dissertação de Mestrado defendida como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação Física, no Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Que a força do medo que tenho  
não me impeça de ver o que anseio.  
Que a morte de tudo em que acredito  
não me tape os ouvidos e a boca.  
Porque metade de mim é o que eu grito,  
mas a outra metade é silêncio....

Que não seja preciso mais do que uma  
simples alegria para me  
fazer aquietar o espírito.  
E que o teu silêncio me fale cada vez mais.  
Porque metade de mim é abrigo,  
mas a outra metade é cansaço.....

E que minha loucura seja perdoada.  
Porque metade de mim é amor  
e a outra metade... também!

*Metade – Oswaldo Montenegro*

## Dedicatória

Aos meus pais, eternos incentivadores e mestres e;  
Ao grande amigo, Marcos Chaiben (*in memoriam*),  
pelo convívio maravilhoso e pela carinho com que me  
ajudou a realizar esse trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, a Deus, pela fé e coragem que me ajudou a enfrentar os obstáculos.

Aos meus pais Antonio e Zanete, pela luta diária, pelas palavras de apoio que nunca foram em vão. Pela amizade, pelo carinho, pela atenção, pelo amor. Por me fazer acreditar nos meus sonhos. Pela compreensão da minha ausência. Por tudo!

A minha irmã Flávia, pelo carinho e amizade, e por me fazer entender que a saudade, nada mais é do que estar perto, mesmo estando longe.

A minha família tios, primos, mas em especial, aos meus avós, com suas palavras de carinho e compreensão da minha ausência!

Ao Prof. Raul Osiecki, grande mestre, grande profissional e grande pessoa. Obrigada pelos ensinamentos, pela sua ética, pela sua atenção. Tenho um grande orgulho de chamar de meu Orientador, e uma grande admiração pelo seu trabalho. Obrigada pela paciência e compreensão nas horas difíceis.

As minhas amigas de muito longe Naiara, Mara, Aline, Renata Yuri, Mayara e Regiane, que mesmos distantes sempre me deram apoio. Obrigada pela amizade e pelo carinho.

Aos amigos da Capital..... Re Wass, pela paciência, disposição e amizade, a Sara, Dani Gallon, Su Goes, Pedro, Luisinho, Luizão, Patrick, Fabiano, Vitor. Obrigada pelas palavras de incentivo e apoio, e pela ajuda nas coletas. Luciana e Ana pelo carinho e pela amizade!!, A Renata Lopes, pela amizade, paciência e presença. As amigas Renata e Carol, pela enorme paciência e compreensão!!

A toda equipe do laboratório CEPEFIS, sempre dispostos a me ajudarem nas coletas, nas buscas por artigos, nas correções. Sem a ajuda de todos vocês, nada seria possível. Obrigada por fazerem desse trabalho como se fosse de vocês!

A todos os professores que participaram desde estudo, com opiniões e colaborações. Aos Profs. Antonio Carlos Dourado e Larissa Daros, pela realização das análises de lactato sanguíneo.

Ao bioquímico Emiliano, pelas coletas sanguíneas, pela extraordinária disponibilidade, competência e simpatia. Ao Médico Jose Eduardo Albino (Dado), pela paciência, competência e enorme ajuda. Ao Dr. Marcus Bernhoeft, da CBDA, pelas instruções, conselhos e oportunidades!

Não poderia deixar de agradecer aos atletas que participaram desse estudo, e aos seus pais, que acreditaram na minha pesquisa. E ao Clube Curitibano, que cedeu com hospitalidade as dependências do clube para a pesquisa, e a todos os técnicos que ajudaram nas avaliações.

E claro que não poderia deixar de agradecer a duas pessoas essenciais que participaram diretamente no estudo, que fizeram parte e que acreditaram nessa pesquisa: aos técnicos Wellington e Marcão (in memoriam). Duas pessoas muito especiais na minha vida que tenho que agradecer o carinho com que vocês me receberam na equipe de natação, que acreditaram e confiaram seus atletas. Obrigada pelas palavras, pelos ensinamentos, pelo apoio, pela amizade. Sei que nada vai fazer com que o nosso querido Marcão volte a borda da piscina, mas tenho certeza que sua alegria, sua vontade, e seus ideais vão sempre ficar no coração das pessoas que cruzaram seu caminho, sejam eles atletas, técnicos, pais de atletas. Obrigada por terem feito parte disso tudo e me ajudado a finalizar mais uma etapa, tão sonhada, em minha vida.

A todos aqueles que não foram citados aqui, mas que de alguma forma contribuíram para minha formação acadêmica.

A todos pela motivação, pela paciência e, sobretudo, pela amizade. Nesses 2 anos de Mestrado, as amizades que vão ficar para sempre no meu coração.

Obrigada a todos por me ajudarem a conquistar mais uma fase da minha vida, e que fizeram com que ficasse o melhor possível.

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	VIII	
LISTA DE FIGURAS	IX	
LISTA DE QUADROS	X	
LISTA DE TABELAS	XI	
RESUMO	XII	
ABSTRACT	XIII	
1	INTRODUÇÃO	1
2	JUSTIFICATIVA	2
3	PROBLEMA DE PESQUISA	3
4	OBJETIVOS	4
4.1	Geral	4
4.2	Específicos	4
5	REVISÃO DE LITERATURA	5
5.1	Treinamento Desportivo na natação	5
5.2	A Variabilidade da Frequência Cardíaca	8
5.2.1	O Sistema Nervoso Autônomo e seu controle no Sistema Cardiovascular	9
5.2.2	O Estímulo Elétrico no Coração	11
5.2.3	O exercício e a frequência cardíaca	12
5.2.4	Variabilidade da Frequência Cardíaca	14
5.2.5	Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca	15
5.2.6	A Variabilidade da Frequência Cardíaca e o treinamento	17
5.3	Aspectos Bioquímicos do Exercício Físico	18
5.3.1	Biomarcadores musculares	19
5.3.2	Macrominerais	21
5.3.2.1	Cálcio	22
5.3.2.2	Magnésio	22
5.3.3	Uréia	23
5.3.4	Marcadores Hematológicos	23
5.3.4.1	Eritrócitos, Hematócritos e Hemoglobina	25
5.3.4.2	Volume Corpuscular Médio	25
5.3.4.3	Hemoglobina Corpuscular Média	25
5.3.4.4	Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média	25
5.3.4.5	Ferro Sérico	25
5.3.4.6	Ferritina	25
5.3.5	Marcadores do Sistema Imunológico	25
5.3.5.1	Leucócitos	26
5.3.5.2	Neutrófilos	27
5.3.5.3	Linfócitos	27
5.3.5.4	Imunoglobulina A	28
5.3.5.5	Cortisol	28
6	MATERIAIS E MÉTODOS	30
6.1	Design do estudo	30

6.2	População e amostra	30
6.3	Crêterios de Inclusão e Exclusão	30
6.4	Instrumentos e Procedimentos	31
6.5	Temporada de treinamento e periodiza�o de treinamento	32
6.5.1	Defini�o da atividade	33
6.6	Avalia�es Antropométricas	33
6.7	Coletas de Sangue	34
6.8	Avalia�o da Variabilidade da Frequência Cardíaca	37
6.9	Teste de piscina em esforço máximo	37
6.10	Análise Estatística dos dados	38
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
7.1	Caracteriza�o da Amostra	40
7.2	Resposta do Teste de Esforço máximo na piscina	41
7.3	Análises bioquímicas e fisiológicas	42
7.3.1	Respostas do Sistema Autônomo	42
7.3.2	Biomarcadores de Lesão Muscular	46
7.3.2.1	Creatina Quinase e Lactato Desidrogenase	46
7.3.2.2	Cálcio e magnésio	48
7.3.2.3	Uréia	50
7.3.3	Respostas Hematológicas	51
7.3.3.1	Eritrócitos, Hemoglobina, Hematócritos, VCM, HCM, CHCM, Ferro Sérico e Ferritina	51
7.3.4	Resposta do Sistema Imunológico	56
7.3.4.1	Leucócitos, Linfócitos e Neutrófilos	56
7.3.4.2	Imunoglobulina A	59
7.3.4.3	Cortisol	60
8	CONCLUSÃO	61
9	REFERÊNCIAS	65
	ANEXOS	75
	Anexo 1 - Termo de Consentimento	
	Anexo 2 - Recordatório Alimentar	
	Anexo 3 - Orienta�es aos atletas	



## LISTA DE ABREVIATURAS

%G – percentual de gordura  
μL - microlitros  
A – Acumulação  
ATP – Adenosina trifosfato  
ATR – Sistema de Treinamento em bloco  
AV- nodo Atrioventricular  
Bpm – batimentos por minuto  
Ca – Cálcio  
CBDA – Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos  
CHCM – Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média  
CK – Creatina quinase  
cm – centímetros  
DC – Débito Cardíaco  
DC – Densidade corporal  
Et – eritrócitos  
FC – Frequência Cardíaca  
Fe - ferro  
Hb – hemoglobina  
HCM – Hemoglobina Corpuscular Média  
HF – High Frequency  
HRV – heart rate variability  
Ht – hematócitos  
IgA – Imunoglobulina A  
Kg – kilogramas  
LDH – Lactato desidrogenase  
LF – Low Frequency  
LF/HF – Razão entre low frequency e high frequency  
Mg – Magnésio  
mg/dL – microgramas/decilitros  
ml – mililitro  
ms -milisegundos  
PA – Pressão Arterial  
pg – picogramas  
pNN50 – percentagem dos ciclos sucessivos das diferenças de intervalos superiores a 50ms  
R – Realização  
rMSSD – média da raiz quadrada das diferenças sucessivas entre o intervalo RR adjacentes  
RR – Intervalos R-R  
SA – nodo Sinodial  
SNA – Sistema Nervoso Autônomo  
SNC – Sistema Nervoso Central  
SNP – Sistema Nervoso Autônomo Parassimpático  
SNS – Sistema Nervoso Autônomo Simpático  
T - Transformação  
VCM – Volume Corpuscular Médio  
VFC – Variabilidade da Frequência Cardíaca

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1-</b> Exemplo de traçado eletromiográfico.....	11
<b>FIGURA 2-</b> Controle da Frequência Cardíaca Autonômica em repouso e durante o exercício.....	12
<b>FIGURA 3</b> – Indica intervalos RR dentro da análise de eletrocardiograma.....	14
<b>FIGURA 4</b> - Esquema de ação da CK.....	20
<b>FIGURA 5</b> – Esquema de ação da LDH.....	20
<b>FIGURA 6</b> – Esquemática dos momentos de coleta.....	32

## **LISTA DE QUADROS**

<b>QUADRO 01.</b> Características dos Mesociclos.....	7
<b>QUADRO 02.</b> Descrição dos Momentos de Coleta.....	34

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1:</b> Valores com intervalos de referencia no sexo masculino e feminino entre eritrócitos, hemoglobina, hematócrito, ferro, e ferritina.....	26
<b>TABELA 2.</b> Volume de Treinamento Semanal .....	39
<b>TABELA 3.</b> Caracterização da Amostra .....	40
<b>TABELA 4.</b> Valores do teste de piscina. ....	41
<b>TABELA 5.</b> Valores dos Índices pNN50 e RMSSD .....	42
<b>TABELA 6.</b> Valores dos Índices HF, LF, e LF/HF .....	43
<b>TABELA 7.</b> Valores de CK e LDH.,.....	46
<b>TABELA 8.</b> Valores de cálcio e magnésio .....	49
<b>TABELA 9.</b> Valores de uréia .....	50
<b>TABELA 10.</b> Valores de Eritrócitos, Hemoglobina, Hematócrito, VCM, HCM, CHCM, Ferro Sérico e Ferritina.....	52
<b>TABELA 11.</b> Valores de leucócitos, neutrófilos e linfócitos .....	56
<b>TABELA 12.</b> Valores de Imunoglobulina A .....	59
<b>TABELA 13.</b> Valores do Cortisol .....	60

# RESUMO

# ABSTRACT











## RESUMO

O presente estudo teve com objetivo verificar e comparar alguns efeitos fisiológicos, bioquímicos e de desempenho em nadadores durante uma temporada de treinamento. Inicialmente foi realizada para caracterização da amostra, a estatística descritiva, com média e erro-padrão, para todas as variáveis coletadas. Com o objetivo de verificar os efeitos causados por cada fase de treinamento, foi realizado um teste de normalidade *Shapiro - Wilk* e depois realizada a Análise de Variância (ANOVA) com medidas repetidas entre os valores encontrados nos cinco momentos de coletas, seguido do post-hoc de *Bonferroni*. Para todas as análises foi utilizado o pacote estatístico PASW 18.0 for Windows, com a significância fixada em  $p \leq 0,05$ . Foram realizadas cinco avaliações durante uma temporada de treinamento na natação, entre elas: Momento 1: pós repouso, Momento 2: pós fase de acumulação, Momento 3: pós fase de transformação, Momento 4: pós fase de realização e Momento 5: pós competição. Foram realizadas avaliações antropométricas para caracterização da amostra, e aplicação do recordatório alimentar, avaliação da variabilidade da frequência cardíaca, coletas sanguíneas venosas e um teste de esforço máximo na piscina (uma repetição de 100 metros em piscina olímpica). Com as coletas sanguíneas, foram realizadas análises de sistema hematológico, sistema imunitário, biomarcadores musculares, e macronutrientes, como cálcio e magnésio. Existiram diferenças significativas em vários momentos nas variáveis, alterações significativas em relação ao repouso e sua volta aos valores normais antes da competição, e também da variabilidade da frequência cardíaca, onde foi observado que os atletas tiveram adaptação fisiológica ao treinamento que foi realizado. As variáveis observadas retornaram aos valores de repouso ou se mantiveram durante toda a temporada, que nos remete a entender que os atletas estavam em melhor desempenho, com sistema imunitário ativo, boa adaptabilidade do sistema nervoso autônomo, e com respostas hematológicas, condizentes com a temporada em que se encontravam.

**Palavras chaves:** Temporada de treinamento, respostas fisiológicas, jovens nadadores

## **ABSTRACT**

The purpose of this study was to verify and compare physiological, biochemistry and, performance effects of swimmers during a season of training. Descriptive statistical analysis was employed to demonstrated characteristics of variables of present study. Five evaluations were made: 1- post-res; 2- post-accumulation; 3- post-transformation; 4- realization and; 5- post-sample. Anthropometric, food ingestion questionnaire, heart rate variability, blood sample a maximal exercise test was made in each phase. To verify the effects of the five phases of training season an ANOVA was applied, with a normality test of Shapiro-Wilk and, to verify the differences the Bonferroni post-hoc was used. The PAWS 18.0 for Windows was used in the analysis. With the blood sample was analyzed hematological, immune, muscle biomarkers and, macronutrient parameters. Significant differences was found in same moments relative to rest and return to the normal values before competition and, similar to heart rate variability response, were occur a physiological adaptation with training progress. No great difference was found during the season in all parameters investigated, which demonstrated that, the athletes were in the better performance, with active immune system, great adaptability of autonomic nervous system and, and hematological responses, consistent with the season where they were.

Key-words: season training, responses physiological, young swimmers.

## 1. INTRODUÇÃO

O organismo humano diferencia-se de uma máquina, principalmente pela habilidade de responder a estímulos, alterando sua estrutura e/ou função para realizar atividades futuras de uma forma mais eficiente, processo denominado adaptação (KRAMER; RATANESS, 2005). Característica relativamente mais facilmente observada em atletas de alto nível, pelo constante aperfeiçoamento visando superação de limites.

Há tempos procura-se entender a causa e efeito de vários aspectos fisiológicos e bioquímicos decorrentes do treinamento e utilizar esses conhecimentos em benefício do atleta. As avaliações de variáveis bioquímicas sanguíneas, metabólicas e hormonais têm constituído uma ferramenta de grande utilidade no monitoramento das respostas do organismo ao treinamento físico (SILVA; AZEVEDO, 2007). Grande parte dos resultados disponíveis neste campo resultam da utilização do comportamento de reguladores hormonais e de marcadores associados aos processos metabólicos e imunitários, como fontes de informação na monitorização da fadiga e da recuperação (RAMA, 2010).

Como o mesmo autor cita e mais Buchheit *et al* (2010), atletas bem treinados têm padrão bioquímico específico. Por exemplo, atletas praticantes de esportes cíclicos exibem diminuição dos níveis de hematócrito, hemoglobina e contagem de células vermelhas, que aumentam significativamente a fluidez do sangue e sua capacidade de transferir átomos de oxigênio.

Em repouso, atletas mostram um estado alterado da regulação nervosa nas funções fisiológicas pelo sistema nervoso autônomo e caracterizada por predominância parassimpática (BUCHHEIT *et al* 2010, MEL'NIKOV, KYLOSOV, VIKULOV, 2007).

Estudos de índices bioquímicos e hematológicos apresentam importantes informações sobre os efeitos de treinamento em diferentes sistemas funcionais no corpo e em atletas, incluindo mecanismos fisiológicos dos efeitos de melhora do treinamento físico. O treinamento leva a consideráveis mudanças durante o ciclo de treinamento anual de acordo com o tipo de período de treinamento específico (KYLOSOV *et al*, 2009).

Em esporte de resistência, como é o caso da Natação, a sustentabilidade científica da metodologia do treinamento, fundamenta-se na estimulação de mecanismos de adaptação baseados na eficiência e na economia energética, que prepara os praticantes para as condições complexas da competição (MAGLISCHO, 2003; MESSONNIER, *et al*, 2005). No entanto a resposta do organismo ao stress induzido pelo treinamento e pela competição é global, implicando na resposta algumas alterações diversas como as que se verificam o nível hormonal, imunitário, e psicológico (RAMA, 2010).

No entanto, torna-se decisivo possuir marcadores que respondem ao grau de adaptabilidade dos atletas aos programas de treinamentos em que os atletas são submetidos.

## **2. JUSTIFICATIVA**

O treinamento de nadadores de alto rendimento, como para qualquer outro esporte, tem como objetivo principal melhorar o desempenho dos atletas na competição (MAGLISCHO, 2003; MEL'NIKOV, KYLOSOV, VIKULOV, 2007). Para que isso ocorra, é necessário diminuir o estado de fadiga que acomete o organismo humano e fazer com que o mesmo promova uma rápida recuperação e adaptação após cada treinamento. Como qualquer esporte de alto rendimento, o treinamento na natação, se divide em várias fases durante todo o ano, onde cada fase tem uma intensidade, duração e cargas diferentes (BOMPA, 2002). Conhecer o comportamento de algumas variáveis fisiológicas e bioquímicas dos atletas durante a fase de treinamento e em competições, nos auxilia a entender os mecanismos de adaptação do organismo humano, podendo detectar possíveis alterações, aprimorando o treinamento, diminuindo estado de fadiga e assim, melhorar o desempenho dos atletas nas competições.

A monitoração de variáveis por meio de análises durante uma temporada de treinamento de natação estabelece uma das formas de verificar os efeitos fisiológicos, bioquímicos e de desempenho que ocorrem nos atletas. Essas informações também podem auxiliar no estabelecimento e ajuste das cargas dos treinamentos, tornando-os mais próximos em relação às condições de uma competição propriamente dita (ENISELER, 2005).

Nesse contexto, estudos que avaliem as respostas fisiológicas e bioquímicas de atletas durante uma temporada de treinamento são importantes, pois fornecem informações que poderão ser posteriormente utilizadas na prescrição dos treinamentos. Além disso, de posse dessas informações, é possível realizar o planejamento de intervenções recuperativas específicas para serem aplicadas após cada fase de treinamento, com o objetivo de atuar de maneira eficaz na recuperação física dos atletas (PICHOT *et al*, 2000, MEEUSEN, *et al.*, 2006).

É nesse sentido que o presente estudo torna-se consistente, pois fornecerá indicadores acerca do comportamento de marcadores fisiológicos, bioquímicos e de desempenho durante um período de treinamento de natação, atividade em que todas as equipes são submetidas constantemente.

### **3. PROBLEMA DE PESQUISA**

Desta forma este estudo procurou elucidar a seguinte questão de pesquisa: quais as respostas fisiológicas que ocorrem em jovens atletas de natação em decorrência de um período de treinamento?

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Geral**

Verificar e comparar alguns efeitos fisiológicos, bioquímicos e de desempenho em nadadores durante uma temporada de treinamento.

### **4.2 Específicos**

- Avaliar comportamentos morfofisiológicos em atletas de natação proporcionados por uma temporada de treinamento
- Investigar os efeitos de uma temporada de treinamento no comportamento do lactato sanguíneo e velocidade máxima dos nadadores.
- Verificar os efeitos de uma temporada de treinamento em atletas de natação em relação à variabilidade da frequência cardíaca.
- Analisar os efeitos bioquímicos proporcionados por uma temporada de treinamento mediante análises sanguíneas.



## 5. REVISÃO DE LITERATURA

### 5.1 Treinamento Desportivo na Natação

A natação competitiva se torna alvo de pesquisas que visam à melhora no aperfeiçoamento técnico e físico para um melhor desempenho do atleta dentro do esporte de alto rendimento. Um esporte que vem sofrendo transformações de forma sistematizada, principalmente em relação à preparação física e tecnologia dos nadadores e assim, nota-se o aumento de pesquisas científicas desenvolvidas com intuito de melhorar o embasamento teórico dos profissionais envolvidos (MAGLISCHO, 2003). O treinamento deve ser especificamente planejado, seguindo os objetivos estabelecidos pelos técnicos, considerando o calendário das competições (PLANTONOV; FESSENKO 2003). Sendo assim, o planejamento solicita uma periodização apropriada, para que os atletas possam atingir sua melhor forma nas etapas mais importantes de uma temporada de competição ou na principal competição (STEWART; HOPKINS, 2000).

Segundo Bompa (2002) “periodização origina-se da palavra período, que é uma porção ou divisão do tempo em pequenos segmentos, mais fáceis de controlar, denominados fases”. E Gomes (2002) complementa essa definição afirmando que periodização consiste em criar um sistema de planos para distintos períodos que envolvem um conjunto de objetivos mutuamente vinculados.

Plantonov; Fessenko (2003) e Bompa (2002) citam que o ano de treinamento da natação é subdividido em unidades menores, chamados de microciclos, onde se enfatiza o desenvolvimento de capacidades predominantes.

Existem várias formas de periodização o treinamento nos esportes. Na natação, Navarro (1998) cita um tipo de periodização denominada ATR. Essa periodização é dividida em 3 fases: Acumulação (A), Transformação (T) e Realização (R). Essas três fases se caracterizam na periodicidade e a troca de orientação preferencial de treinamento. Seguindo o mesmo autor, ele caracteriza a estrutura da ATR em:

- A concentração de cargas de treinamento sobre capacidades específicas ou objetivos concretos de treinamento (capacidades/objetivos).
- Desenvolvimento consecutivo de certas capacidades/objetivos em blocos de treinamento especializados ou fases de treinamento.

A estruturação da ATR é igual ao ciclo anual, mas podendo torná-la menor, variando sua estrutura e conteúdo em função do momento de temporada que ela se encontra, da especialidade do atleta, e qual a competição mais importante, onde o atleta deverá estar no ponto ótimo de melhor desempenho (PLANTONOV; FESSENKO, 2003).

As características das fases nesse tipo de periodização são (NAVARRO, 1998; La ROSA, FARTO, 2007):

- Acumulação: resistência básica; força básica, técnica básica.

Nessa fase, acumular as capacidades técnicas e motoras que devem ser básicas para a preparação específica, realizando treinamentos com alto volume e intensidades moderadas para capacidades de força, resistência aeróbica, formação técnica básica e correção de erros em velocidades consideradas baixas.

- Transformação: persistência, força e técnica específica.

As características dessas fases são de transferir as capacidades motoras mais generalizadas para formas mais específicas, isso segundo as demandas técnicas e táticas, e também de enfatizar a tolerância a fadiga e a estabilidade da técnica. O treinamento nessa fase possui um volume ótimo e intensidade aumentada, com exercícios de força ainda dentro da estrutura básica, sendo sempre realizados em um estado descansado do atleta.

- Realização: persistência e técnica competitiva, e capacidades de velocidades.

Já nessa última fase, é necessário de obter o melhor resultado dentro da margem disponível de preparação, sendo que é importante utilizar, de forma mais completa possível as capacidades motoras e técnicas dos atletas, dentro da atividade competitiva e também é a fase onde deve-se obter do atleta, a disposição necessário para a competição. Nessa atual fase que o atleta se dispõe, existe o modelamento da atividade competitiva através de exercícios competitivos, com uso ótimo de exercícios de intensidade máxima, mas com o atleta em estado descansado.

No quadro abaixo, segue resumo das características do Sistema ATR (NAVARRO, 1998)

<b>Quadro 1: Característica dos Mesociclos (Navarro, 1998)</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Conteúdos</b>
Acumulação (A)	Acumular e elevar o potencial técnico e motor	Treinamento com volumes relativamente elevados e intensidades moderadas para capacidade de força, resistência aeróbica, preparação técnica, correção de erros
Transformação (T)	Transformação do potencial das capacidades motoras e técnicas da preparação física	Treinamento com volume ótimo e intensidade aumentada para capacidades de resistência, força, velocidade específica e exercícios concentrados de força dentro da estrutura básica da técnica

Realização (R)	Conquista dos melhores resultados dentro da margem disponível de preparação	Exercícios competitivos (ritmo de prova), exercícios com intensidade máxima (força, velocidade, resistência), treinamento descansado
----------------	---	--

Dentro dessa periodização, existem os microciclos, que são a programação semanal de treinamento que sucede em uma programação anual. Os microciclos têm estruturas diferentes, mas sendo importante o atleta repetir várias vezes o mesmo microciclo para se obter o efeito desejado do treinamento. O microciclo depende: do objetivo da fase do treinamento, de quantas sessões de treinamento semanais/ dia; e de quanto tempo tem a sessão de treinamento (BOMPA, 2002).

Dentro dessas fases de treinamento, as fases onde se encontram maior volume e intensidade, é onde encontramos maiores cargas de estresse fisiológicos em atletas (RAMA, 2010).

## 5.2 A Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

Durante o exercício físico ocorrem alterações complexas nos processos biológicos dos organismos vivos, originando grande número de ajustes fisiológicos dinâmicos que integram todos os sistemas. Esses ajustes dependem da eficácia dos sistemas cardiovascular, respiratório, sanguíneo e muscular (MARÃES *et al*, 2003).

O Sistema Nervoso Autônomo (SNA) desempenha um papel importante nos mecanismos fisiológicos, tanto em condições normais quanto patológicas (VANDERLEY *et al*, 2009). Como outros sistemas, o sistema cardiovascular é regulado também por alterações autonômicas, mais especificamente pelo sistema autônomo simpático e parassimpático

A maneira pelo qual o organismo intacto (sem patologias) e mais especificamente o sistema cardiovascular e o sistema nervoso autônomo responde ao estresse do exercício físico é o que mais tem estimulado estudos atualmente (AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003)

O exercício físico provoca importantes modificações no funcionamento do sistema cardiovascular e em seus mecanismos de ajustes autonômicos (ALONSO, 1998). Os efeitos agudos e crônicos do exercício físico sobre o funcionamento do corpo humano têm sido alvos de inúmeras pesquisas nas últimas décadas, sendo identificados como respostas ao exercício como, por exemplo, a aceleração da Frequência Cardíaca (FC) no período inicial do exercício, e adaptações ao treinamento, como FC mais baixa para uma mesma intensidade de esforço submáximo, respectivamente. Pela facilidade de mensuração, o comportamento da FC tem sido intensamente estudado durante diferentes tipos e condições associadas ao exercício (BORRESEN; LAMBERT, 2008).

### **5.2.1 O Sistema Nervoso Autônomo e seu controle no Sistema Cardiovascular**

Apesar de o coração ter uma regulação própria, o SNA também atua em suas regulações. Assim, o SNA fornece inervações aferentes e eferentes ao coração (AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003). Esse sistema é dividido em duas porções antagônicas que são denominadas de Sistema Nervoso Simpático (SNS) e Sistema Nervoso Parassimpático (SNP), que desempenham importante papel nos ajustes do sistema cardiovascular (DAVINI *et al*, 2004; POWERS; HOWLEY, 2000).

O SNA tem a função de controle visceral no nosso organismo. Auxilia no controle da Pressão Arterial (PA); motilidade e secreções gastrointestinais, esvaziamento da bexiga urinária; sudorese; temperatura corporal. Pode ser ativado por centros localizados: medula espinhal; tronco encefálico e no hipotálamo; ou pelo córtex cerebral, que realiza a transmissão de impulsos para centros inferiores e também pelos reflexos viscerais, que são sinais sensoriais que entram nos gânglios autonômicos e que provocam respostas reflexas apropriadas de volta aos órgãos para controlar suas atividades (GUYTON; HALL, 2002).

Segundo os mesmos autores, o Sistema Nervoso Simpático (SNS) tem várias funções como, por exemplo, de aumentar a frequência cardíaca, vasoconstrição, diminuição da mobilidade gastrointestinal ou constrição dos

esfíncteres, e já o Sistema Nervoso Parassimpático (SNP) pode realizar funções antagônicas como diminuir a frequência cardíaca, vasodilatação, aumento da mobilidade gastrointestinal ou dilatação dos esfíncteres, dependendo da ocasião, um Sistema Nervoso é mais ativado do que o outro. Eles devem trabalhar em equilíbrio, para que ocorra uma homeostasia no organismo humano.

Em relação ao SNA e o Sistema Cardiovascular, embora o coração tenha um padrão de contração inata, ele também é inervado pelo SNA a fim de responder as alterações necessárias do corpo (AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003). O nodo sinoatrial (SA) e atrioventricular (AV) presentes no coração possui tanto inervações simpáticas quanto parassimpáticas. A inervação simpática é feita através de fibras dos gânglios cervicais e torácicos superiores e a inervação parassimpática é feita através de ramos dos nervos vagos (GUYTON; HALL, 2002).

O nervo eferente parassimpático (nervo vago) conduz estímulos para o nódulo sinoatrial e o atrioventricular, e também para o miocárdio atrial. A inervação simpática distribui-se por todas as áreas do sistema circulatório, incluindo o miocárdio ventricular, os tecidos de condução especializados e o músculo liso das paredes das artérias e veias. A forte interação entre o parassimpático e o simpático cardíaco resultará em importante oscilação da FC (RIBEIRO, 2005).

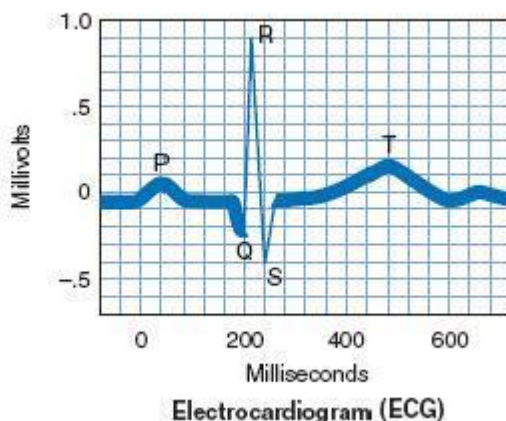
Uma das características mais notáveis do SNA é a rapidez e a intensidade com que ele pode alterar as funções viscerais. A estimulação simpática intensa pode aumentar a FC nos adultos jovens, de 70 para 180/200 e em até 250 batimentos/minutos (bpm). Além disso, a estimulação simpática também aumenta a força de contração cardíaca e, conseqüentemente o volume de ejeção. Assim, a estimulação simpática, em geral, pode aumentar o débito cardíaco (DC) por duas a três vezes. Em contrapartida, a estimulação parassimpática (vagal) intensa e contínua do coração pode interromper os batimentos cardíacos por alguns segundos, e posteriormente o coração retorna com uma freqüência de 20 a 40 bpm, cerca de 40% abaixo do normal e também pode diminuir a força de contração do miocárdio em 20 a 30% (GUYTON; HALL, 2002).

As fibras nervosas simpáticas e parassimpáticas secretam principalmente uma das substâncias transmissoras sinápticas, a noradrenalina e/ou acetilcolina, respectivamente. As fibras que secretam acetilcolina são chamadas de

colinérgicas e, aqueles que secretam noradrenalina são chamadas de adrenérgicas (GUYTON, HALL, 2002). Esses neurotransmissores podem contribuir para a magnitude da resposta ao exercício, ampliando as oportunidades de controle por aumentar ou diminuir a sensibilidade dos músculos cardíaco e vascular liso às estimulações simpáticas e parassimpáticas (FRANCHINI, 2002).

### 5.2.2 O Estímulo elétrico no Coração

O estímulo elétrico tem origem no nodo SA, que se localiza posteriormente ao ângulo de união da Veia Cava Superior com o Átrio Direito. A partir da despolarização espontânea do nodo SA, o estímulo elétrico prossegue de forma concêntrica em todas as direções, e então produzindo o primeiro sinal denominado “onda P”. A onda P representa a despolarização dos átrios e dura cerca de 0,15 segundos e antecede a contração atrial. Cada onda P é seguida pela complexo QRS, cuja duração é relativamente grande, variando de 0,12 a 0,20 segundos. Este complexo reflete as alterações elétricas causadas pela despolarização de ambos os ventrículos, e após esta, ocorre a contração dos ventrículos. A repolarização dos ventrículos é representada pela onda T que ocorre durante a diástole ventricular. O período de despolarização relativamente longo do coração (aproximadamente 0,20 a 0,30 segundo) é necessário para que se possa receber outro impulso e contrair-se novamente (SANCHES; MOFFA, 2001; McARDLE; KATCH, KATCH, 1998). A figura abaixo, nos mostra um exemplo de um traçado eletrocardiográfico encontrado nos exames fisiológicos.

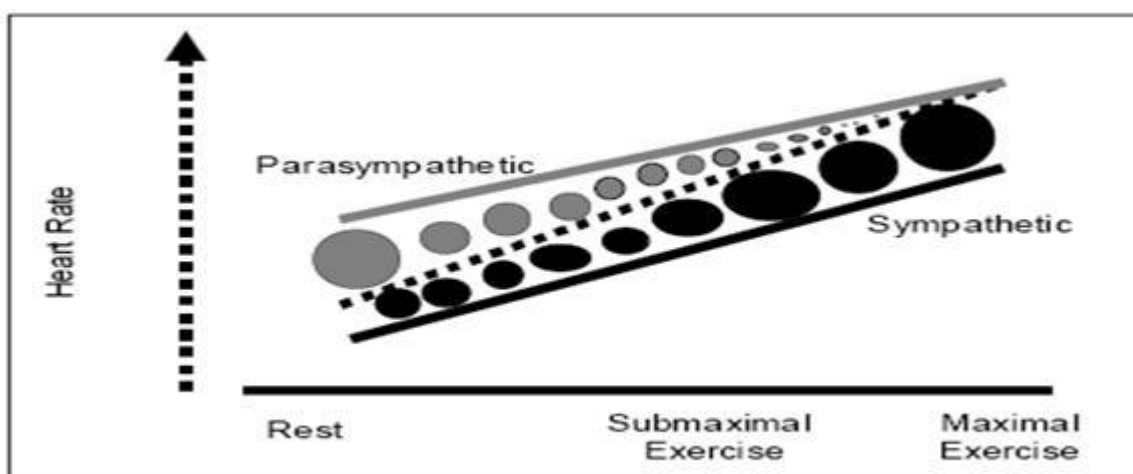


**Figura 1:** exemplo de traçado eletrocardiográfico (Fonte: Graaf, 2001)

### 5.2.3 O Exercício e a Frequência Cardíaca (FC):

O exercício físico é um comportamento que provoca importantes modificações no funcionamento do sistema cardiovascular e em seus mecanismos de ajustes autonômicos (ALONSO *et al*, 1998). Os estudos das respostas ao exercício físico são úteis, pois permitem uma aplicação de diferentes níveis de estresse quantificáveis da carga de trabalho ou das repercussões nas respostas metabólicas (TASK FORCE, 1996).

Durante a atividade submáxima de treinamento físico, a FC aumenta até a intensidade alvo e é mantida constante durante a execução do exercício. E na atividade física progressiva máxima, como a que ocorre durante o teste de esforço máximo, a FC aumenta de forma linear e proporcional ao aumento da potência executada, até a interrupção do esforço por exaustão do indivíduo. Nessa situação de esforço máximo, não ocorre a estabilização da FC. Basicamente, esse aumento da FC durante o exercício ocorre por dois mecanismos principais: 1) diminuição do tônus vagal sobre o coração, o que por si só já provoca aumento da FC e; 2) ativação do componente simpático sobre o coração. Essa intensificação simpática ocorre de forma progressiva e proporcional à potencia executada (LATERZA *et al*, 2008; McARDLE; KATCH; KATCH, 1998).



**Figura 2:** Controle da FC autonômica em repouso e durante o exercício. A função do parassimpático é diminuída quando a intensidade do exercício é aumentada, e o oposto ocorre com a função do simpático.

O exercício físico intenso e prolongado induz adequações cardiovasculares que permitem ao coração do atleta, um desempenho fisiológico excepcional.



Desta forma, fica claro que o treinamento físico (exercício prolongado) promove um conjunto de modificações morfológicas e funcionais que conferem uma maior capacidade ao organismo de responder ao exercício físico (CARNEIRO; LOPES; MOREIRA, 2002).

As respostas cardiovasculares ao exercício físico podem ser influenciadas por fatores diversos como aqueles ligados a características antropométricas (peso, estatura e área de superfície corporal); sexo, idade; características genéticas; hábitos alimentares (quantidade e qualidade dos alimentos); nível de aptidão física; estado de saúde; ingestão de bebidas alcoólicas; fumo; ciclo circadiano (horário do dia); condições ambientais em que o exercício é realizado (temperatura, umidade do ar, altitude); tipo de exercício realizado (dinâmico ou isométrico); quantidade de massa muscular envolvida; percentual da força de contração; duração da contração; ângulo da articulação; posição corporal em que o exercício é realizado e protocolo experimental utilizado (CATAI *et al*, 2002; GUYTON, HALL, 2002).

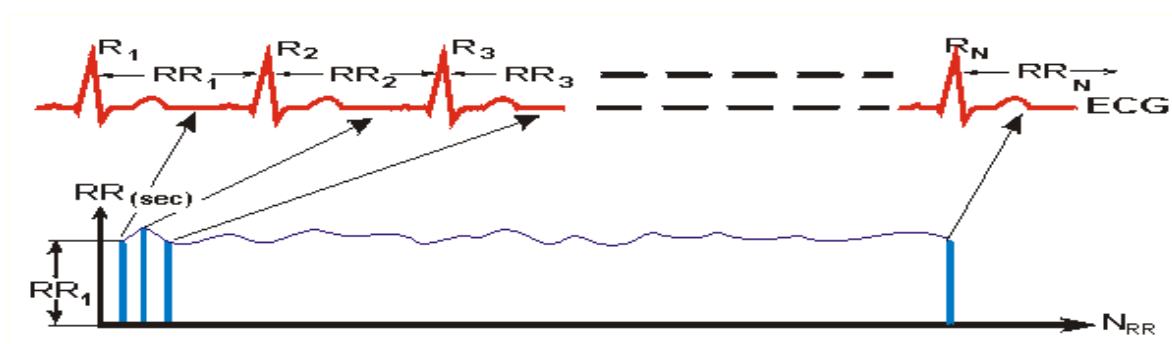
A bradicardia de repouso é um dos efeitos mais marcantes do exercício físico crônico sobre o sistema cardiovascular. Após um período de treinamento físico ocorre a diminuição da FC de repouso em relação ao período de pré-treinamento. Essa adaptação cardiovascular tem sido explicada por 3 mecanismos: 1) aumento do tônus vagal no coração; 2) diminuição do tônus simpático no coração ou 3) diminuição da FC intrínseca de marcapasso (LATERZA *et al*, 2008). Ainda em repouso, o SNP apresenta influência marcante e, durante o exercício com cargas crescentes de trabalho, a elevação da frequência cardíaca se deve, nas cargas mais leves, a diminuição da atividade vagal ou retirada vagal, e a medida que aumenta a carga de trabalho, cresce proporcionalmente a estimulação simpática (BORRESEN; LAMBERT, 2008)

Como durante o exercício físico a FC sofre constantes modificações, moduladas pelo SNA e a partir da análise do seu padrão de resposta pode-se obter indiretamente informações do comportamento de sua variabilidade (RIBEIRO *et al*, 2005). Assim, estudando a Variabilidade da FC durante o exercício físico agudo ou crônico pode permitir uma análise adicional e não invasiva do controle neural da FC durante esse comportamento (ALONSO *et al*, 1998)

### 5.2.4 Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC):

A variabilidade da frequência cardíaca é uma das confiáveis e acessíveis fontes de informação sobre a integridade da modulação do SNA sobre o coração e tem sido investigada tanto em indivíduos saudáveis quanto no acompanhamento de atletas em diferentes fases de treinamento físico (PASCHOAL *et al*, 2003; NOVAIS *et al*, 2004).

Como o nosso coração não possui batimentos regulares, ou seja, existem alterações na FC, essas alterações são definidas como variabilidade da frequência cardíaca (VANDERLEY *et al*, 2009). Sendo assim, a VFC é definida como variação que ocorre entre os batimentos cardíacos sucessivos em sinusal (BORRESEN; LAMBERT, 2008). Os ciclos sinusais não têm todos a mesma duração (intervalos RR), ainda que em condições de repouso. Essas variações ocorrem devido às modificações no equilíbrio autonômico como aquelas provocadas pelos movimentos respiratórios alterando o tônus vagal ou mudanças na atividade simpática global (SANCHES, MOFFA, 2001).



**Figura 3:** indica intervalos RR dentro da análise do eletrocardiograma

A VFC indica habilidade do coração em responder aos múltiplos estímulos fisiológicos e ambientais, entre eles, respiração, exercício físico, estresse mental, alterações hemodinâmicas e metabólicas, sono e ortostatismo, bem como responde a desordens induzidas por doenças (AUBERT, SEPS, BECKER, 2003)

Os indivíduos normais têm uma variação fisiológica nos intervalos interbatimentos em fase com os ciclos respiratórios. Esta “arritmia sinusal” tem sido considerada como sinal de um sistema cardiovascular saudável, ou seja, boa

adaptabilidade do SNA e é mais acentuada nos jovens e nos atletas (VANDERLEY *et al*, 2009).

A análise de sinais de variabilidade da frequência cardíaca (*heart rate variability*, ou *HRV*) é importante quando se estuda o sistema nervoso autônomo, pois ajuda a avaliar o equilíbrio entre a influência simpática e parassimpática no ritmo cardíaco. O ramo simpático do sistema nervoso aumenta a frequência cardíaca, implicando em intervalos mais curtos entre batimentos. Por sua vez, o ramo parassimpático a desacelera, resultando em intervalos maiores entre os batimentos. Assim, a variabilidade da frequência cardíaca pode ser medida com base nos intervalos entre batimentos, os quais são mais facilmente observados como intervalos RR, que são os intervalos de tempo entre duas ondas R consecutivas (BORRANSEN, LAMBERT, 2008). Essas variações da duração dos intervalos RR dependem da atividade dos sistemas simpáticos e parassimpáticos.

Mudanças no padrão da VFC são um indicador de saúde. Uma alta variabilidade (ou seja, altos valores referentes ao SNP) é sinal de uma boa adaptabilidade do sistema com os mecanismos de controle autonômico. Ao mesmo tempo uma baixa variabilidade é geralmente indicativa de uma adaptabilidade anormal e insuficiente do sistema (VANDERLEY *et al*, 2009).

### **5.2.5 Análise da VFC**

A análise de sinais da VFC é importante quando se estuda o sistema nervoso autônomo porque ajuda a avaliar o equilíbrio entre as influências simpáticas e parassimpáticas no ritmo cardíaco. O ramo simpático do sistema nervoso aumenta a FC, implicando em intervalos mais curtos entre batimentos. Por sua vez, o ramo parassimpático desacelera o ritmo cardíaco, resultando em intervalos maiores entre os batimentos. Assim, a VFC pode ser medida com base nos intervalos entre os batimentos, os quais são chamados de intervalos RR. (BORRESEN; LAMBERT, 2008). Portanto, em virtude desde diferentes mecanismos de funcionamento de ambos os sistemas, mudanças das suas atividades podem ser identificadas por técnicas no domínio do tempo e da frequência (TASK FORCE, 1996).

Segundo Aubert, Seps e Becker (2003), a VFC obtém índices que podem ser analisados por métodos lineares, no domínio de tempo e frequência, e por métodos não-lineares.

Os métodos lineares podem ser divididos em domínio de tempo (realizados por meio de índices estatísticos e geométricos), e domínio da frequência (BILCHICK; BERGER, 2006).

*Domínio de tempo:* expressa resultados em milissegundos (ms), e mede-se cada intervalo RR normal ( batimento sinusal) durante determinado intervalo de tempo por métodos estatísticos.

Albert; Seps; Becker, (2003); Vanderley *et al*, (2009), dizem que, os parâmetros do domínio do tempo mais utilizados são:

- Desvio padrão dos intervalos RR em milissegundos (SDNN) através do registro de um intervalo de tempo. O SDNN depende em grande parte da duração do registro, logo, valores do SDNN de durações diferentes não devem ser comparados
- Média da raiz quadrada das diferenças sucessivas entre os intervalos RR adjacentes dentro do período de registro RMSSD (ms).
- Porcentagem dos ciclos sucessivos de diferenças de intervalo superiores à 50ms (pNN50) (%) dentro do período de registro.

Outro método linear de domínio de tempo é a partir de métodos geométricos, como a Plotagem de Poincaré. Esses métodos geométricos apresentam os intervalos RR em padrões geométricos e várias aproximações são usadas para derivar as médias de VFC a partir delas (ACHARYA *et al*, 2006).

Segundo Brunetto *et al* (2005), cita que o método linear de *domínio da frequência* mais utilizado, em indivíduos em repouso, é quando decompõe a VFC em oscilatórios fundamentais, sendo que os principais são:

- Componente de Alta Frequência (High Frequency – HF): com variação de 0,15 a 0,4 Hz que corresponde a modulação respiratória e é um indicador da atuação do nervo vago sobre o coração.

- Componente de baixa Frequência (Low Frequency – LF): com variação entre 0,04 e 0,15 Hz, que é decorrente da ação conjunta dos componentes vagal e simpático sobre o coração, com predominância do simpático.
- A relação LF/HF reflete as alterações absolutas e relativas entre os componentes simpáticos e parassimpáticos do SNA, caracterizando o balanço simpato-vagal.

Para essas análises dos índices de VFC por meio de métodos lineares, vários softwares podem ser utilizados, dentre eles os software *HRV analisys* ou *Kubios Analisis*.

Estudos usando análise espectral da VFC têm usado frequentemente 10 minutos para um período de amostragem (YAMAMOTO, HUGHSON, 1991; NAKAMURA *et al*, 1993, MYSLIVECEK *et al*, 2002).

#### **5.2.6 A Variabilidade da Frequência Cardíaca e o Treinamento**

Muitos são os estudos que utilizam a VFC como método de se observar o comportamento do SNA durante adaptações ao exercício e ao treinamento desportivo (AUBERT, SEPS, BECKER, 2003; MOUROT *et al*, 2004; ATLAOUI *et al*, 2007; BUCHHEIT *et al*, 2010; HEDELIN, BJERLE, LARSEN; 2000).

O sucesso de um programa de treinamento requer um treinamento apropriado para estimular relação entre nível físico e individual do atleta, juntamente com um período de recuperação adequado (BUCHHEIT *et al*, 2010). Borrensen e Lambert (2008) afirmaram que um mecanismo que pode ser avaliado como resposta da adaptação ao estímulo de treinamento de resistência pode ser bem usado. Muitas são as variáveis que tem sido monitoradas para se avaliar e quantificar o perfil do treinamento. Com isso, estudos tem consistentemente avaliado o SNA mostrando resultados promissores.

Atletas bem treinados têm um uma inibição do nervo vago, ou seja, do SNP para que o SNS seja ativado durante o exercício e a ativação do SNP acontece após o exercício (AUBERT, SEPS, BECKER, 2003). Essa adaptação do Sistema Nervoso Autônomo (SNA) pode mostrar uma bradicardia de repouso, e um aumento da variabilidade da frequência cardíaca, ou seja, boa adaptabilidade do SNA perante o treinamento desportivo (BUCHHEIT *et al*, 2010).

Alguns estudos, avaliando longitudinalmente a VFC antes e depois de uma temporada de treinamento, tem-se observado que as medidas da VFC podem ser uma ferramenta útil no controle de treinamento de resistência (HAUTALA *et al*, 2004; KIVINIEMI *et al*, 2006). Por exemplo, no estudo de Pichot *et al* (2000), foi observado que no programa de treinamento de corredores de média distância, após 4 semanas de treinamento, houve um aumento da ativação do tônus vagal, confirmando em outros estudos, uma melhora da adaptação fisiológica dos atletas ao treinamento. Já no estudo de Bricout *et al* (2010), foi observado um aumento do tônus simpático em jogadores de futebol após as partidas de futebol, sugerindo um estado de fadiga, de lenta recuperação do SNP, e relacionados com efeitos fisiológicos e psicológicos de uma temporada de treinamento. Outros estudos avaliam a VFC como monitoramento de fadiga, periodização de treinamento e prevenção de sobre-treinamento (MOUROT *et al*, 2004; ATLAOUI *et al*, 2007).

### **5.3 Aspectos bioquímicos do exercício físico**

O monitoramento bioquímico do treinamento é importante, pois se constitui uma base para aumentar o desempenho específico no evento esportivo do atleta. As adaptações que ocorrem durante um treinamento podem ser significativas para explorar a efetividade do mesmo. Um treinamento efetivo ocorre em função da adaptação estrutural-enzimática das células, evocada pelas alterações metabólicas e hormonais durante e após uma sessão de treinamento ou evento competitivo. As informações obtidas pelas mensurações devem ser entendíveis, isto é, devem ter base científica que possibilitem alterações corretivas no “*design*” do treinamento (VIRU; VIRU, 2001).

Marcadores práticos e objetivos são aqueles que podem ser mensurados rotineiramente em laboratório e que conseguem oferecer subsídios que contribuam no aperfeiçoamento do desempenho. A identificação de alguns fatores comuns pode permitir uma intervenção apropriada para a prevenção da síndrome de sobre-treinamento ou na profilaxia de uma redução no desempenho atlético (GLEESON, 2002).

### 5.3.1 Biomarcadores Musculares:

O aumento da sobrecarga de exercício físico em atletas induz ao dano muscular, fadiga e a dor resultante do esforço que o esporte exige (LIEBER *et al.*, 2002). Existem várias formas de se analisar esses danos musculares induzidos pela carga de treinamento, sendo que um dos métodos indiretos é a análise das concentrações de enzimas plasmáticas, proteínas musculares entre outras (CLARKSON; HUBAL, 2002; PRASARTWUTH *et al.*, 2006).

O treinamento realizado com determinada sobrecarga (tipo de exercício, sobrecarga e volume), podem resultar no dano de estruturas musculares em função da sobrecarga mecânica (FOSCHINI *et al.*, 2007). Os métodos indiretos adotados para análise do dano muscular são os mais utilizados nos estudos em função da facilidade de coleta, e, sobretudo, pelo baixo custo quando comparado aos métodos diretos. As enzimas mais frequentemente usadas como marcadores de dano muscular são a Creatina Kinase (CK) e a Lactato Desidrogenase (LDH). Essas moléculas são citoplasmáticas e não tem a capacidade de atravessar a membrana plasmática, e quando isso ocorre em algumas condições clínicas ou de esforço extremos, como o exercício vigoroso, essas proteínas intracelulares podem ser encontradas em grande concentração no plasma sanguíneo e então são consideradas como indicativo de danos musculares. Estas proteínas geralmente se originam do miocárdio, tecido hepático, cérebro e tecido músculo-esquelético, e seu fluxo na circulação sanguínea deve-se ao sistema linfático (VIRU; VIRU, 2001).

Acredita-se que detectando as variáveis que sofram tais alterações e o momento que as mesmas ocorrem, estas possam ser usadas como ferramentas que possibilitam sugerir medidas profiláticas, permitindo assim que tais quedas ou sobrecargas do desempenho possam ser minimizadas por meio de um treinamento mais específico e/ou trabalho preventivo e/ou uma nutrição mais adequada pré, durante e pós-competição, visando um melhor desempenho atlético durante o treinamento e a competição (LOPES, 2006).

A CK é uma molécula dimérica que consiste de um par de dois monômeros diferentes denominados M e B, originando 3 isoenzimas possíveis para CK: a CK-BB, CK-MB, CK-MM (HOUSTON, 2001). Cérebro e músculo liso apresentam a extensão BB, encontrada também no cérebro a MB e MM, mas em menor

quantidade. No músculo cardíaco e músculo-esquelético, encontramos MB e MM respectivamente. Para a extensão MM, encontrada abundantemente no músculo-esquelético, onde possui ainda em seu estado normal, uma quantidade inferior a 1% de MB, são as principais fontes de CK.

A Creatina Kinase (CK), atua na degradação da Fosfocreatina durante o processo de transformação de ADP em ATP (FOSS, KETEYIAN, 2000; BRANCACCIO, MAFFULLI, LIMONGELLI, 2007). Essa substância também pode ser utilizada como um marcador de lesões musculares (BRANCACCIO, MAFFULLI, LIMONGELLI, 2007; MOUGIOS, 2007; LAZARIM *et al*, 2008). O quadro a seguir representa um esquema da ação da CK:



**Figura 4** – Esquema da Ação da Enzima Creatina Kinase (adaptado de McARDLE, KATCH, KATCH, 2003)

A atividade sérica total de CK se encontra marcadamente elevada após traumatismos ao músculo esquelético. Assim, a CK se torna um excelente marcador de alterações no comportamento metabólico do músculo.

Outra enzima que possui considerada relevância é a Lactado Desidrogenase (LDH), que tem a função de converter o piruvato em lactato, possuindo assim um papel de enzima reguladora do metabolismo anaeróbio (WILMORE, COSTILL, 2001; McARDLE, KATCH, KATCH, 2003). O quadro abaixo apresenta o mecanismo resumido de ação da LDH:



**Figura 5** – Esquema da Ação da Enzima Lactato Desidrogenase (adaptado de McARDLE, KATCH, KATCH, 2003)



A atividade total da LDH no sangue pode estar elevada em praticamente qualquer estado patológico em que haja dano ou lesão celular. Seu valor de referência em homens e mulheres é de 91 a 440 UI/L (HOUSTON, 2001).

Por isso, essas enzimas podem estar relacionadas com lesão de células musculares subsequentes a repetidas e intensas contrações musculares (CLARKSON, HUBAL, 2002). Assim o aumento dessas enzimas na corrente sanguínea indica alterações na permeabilidade da membrana celular, e está normalmente relacionada com a lesão celular consequente ao exercício. Quanto maior for a agressão muscular provocada pelo exercício físico maior será a expressão enzimática e mais tempo permanecerá visível e mensurável. Mas é de se salientar que o nível de treinamento do atleta não altera o tempo para pico máximo, principalmente de CK, que fica em torno de 24h á 48h pós exercício (SANTOS, 2004). O que altera é se o indivíduo é ou não atleta, ou seja, o nível de treinamento do indivíduo pode alterar os valores de CK plasmático. Em atletas, segundo Mougious (2007) o nível é muito mais alto, e permanece por mais tempo assim, mesmo sem treinamento.

### **5.3.2 Macrominerais**

Os minerais são elementos inorgânicos que servem para uma série de funções, como co-fatores nas reações catalisadas por enzimas, na regulação do equilíbrio ácido-básico, na condução nervosa e dor muscular, e como elementos estruturais do corpo (HOUSTON, 2001).

Os minerais na ação metabólica são de fundamental importância para o desempenho muscular, e sua depleção, diminuindo as reservas orgânicas, são fatores para um bom funcionamento do nosso organismo, principalmente nas funções musculares, podendo até levar o músculo a fadiga e uma consequente lesão muscular (WESTGARD *et al*, 1981).

Dentre os inúmeros minerais que encontramos em nosso organismo, abordamos em nosso estudo somente os íons Cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e Magnésio ( $Mg^{2+}$ ), pois sendo eles de extrema importância para a célula muscular conservar o seu equilíbrio, e garantir assim sua função de contratilidade, característica do tecido muscular (DEKKERS, DOORMER, KEMPER, 1996).

### **5.3.2.1 Cálcio:**

O cálcio é um macro mineral essencial muito importante na prática esportiva porque está implicado em uma série de processos relacionados com a condução nervosa e a contração muscular. Estudos relatam que as perdas significativas de cálcio sérico em atletas, são provocadas por sudorese intensa (MARTIN *et al*, 2007). É comumente utilizado como íon para várias enzimas, juntamente com outros cátions, especialmente potássio e magnésio, interfere na permeabilidade da membrana da célula Também desempenha papel central na contração muscular e na sinapse do sistema neuromuscular. Como presente na contração muscular, sua falta em nosso organismo pode levar a perda do desempenho e ao surgimento de micro lesões e/ou lesões musculares por bloquear o mecanismo de ação nos sarcômeros (actina e miosina) e das fibras conseqüentemente (HOUSTON, 2001).

A concentração de cálcio sérico recomendado é de 8,4 a 10,2 mg/dL (COLLI, MARI, SARDINHA, 2005)

### **5.3.2.2 Magnésio:**

Aproximadamente 50% do magnésio total do nosso organismo encontram-se nos tecidos ósseos na forma insolúvel. Apenas 5% estão presentes como cátion extracelular e os 45% restantes são intracelulares. Sua concentração plasmática normal é de 1,5 a 2,2 mg/dL.

As alterações de magnésio indicam estados alterados de homeostasia, indicando estados de desnutrição, e que podem estar relacionados a doenças infecciosas ou a atividades extenuantes.

O Magnésio e o cálcio são excelentes indicadores de sobrecarga metabólica para exercícios intensos, principalmente os predominantemente aeróbios de grande resistência, servindo como marcadores complementares para o risco das lesões musculares esqueléticas (DEKKERS, DOORMER, KEMPER, 1996; SACHER, McPHERSON, 2002).

### 5.3.3 Uréia

A Uréia é sintetizada no fígado (dióxido de carbono e amônia) e são os produtos finais do catabolismo protéico. Após a sua síntese, a uréia é transportada pelo sangue para os rins, onde é filtrada pelos glomérulos. A partir disso, pesquisas associam o aumento da concentração de uréia com o aumento do catabolismo de proteínas e da gliconeogênese em resposta a intensidade e as cargas de treinamento (HARTMANN, MESTER, 2000).

No contexto da avaliação dos efeitos causados por período de treinamento intenso, a uréia também pode ser analisada, pois devido ao fato de figurar como o produto final do metabolismo das proteínas (catabolismo protéico), sua determinação no sangue pode demonstrar a velocidade desse catabolismo durante determinada atividade esportiva (MAGLISCHO, 1999; HARTMAN, MESTER, 2000; LEHNINGER, NELSON, COX, 2006). Atletas geralmente apresentam altas concentrações de uréia em repouso, provavelmente pelo resultado contínuo de treinamento (WARBURTON *et al*, 2002).

O mesmo autor (WARBURTON *et al*, 2002) cita que as concentrações elevadas podem sinalizar uma possível aceleração do catabolismo das proteínas musculares, o que poderia comprometer a endurance (ou resistência aeróbica) e a potência muscular do atleta.

### 5.3.4 Marcadores Hematológicos:

Outras avaliações também podem ser úteis nesse contexto, tais como a análise dos componentes do sangue. Os aproximadamente 5 a 6 litros de sangue presentes no organismo de um adulto saudável são compostos pelas seguintes porções (LEHNINGER, NELSON, COX, 2006):

- **Porção sólida:** é composta pelas células sanguíneas, sendo elas: os glóbulos vermelhos (eritrócitos), os glóbulos brancos (leucócitos) e as plaquetas;
- **Porção líquida:** também conhecida como plasma, é composta de 90% de água em associação a 10% de solutos compostos por substâncias diversas, tais como: eletrólitos, nutrientes, vitaminas, hormônios, proteínas, dentre outras.

#### **5.3.4.1 Série Vermelha: Eritrócitos (Et) e Hematócritos (Ht) e Hemoglobina (Hb):**

O valor de hematócrito é um índice, calculado em porcentagem, definido pelo volume de todas as hemácias de uma amostra sobre o volume total desta amostra (que contém, além das hemácias, os leucócitos, as plaquetas e, é claro, o plasma, que geralmente representa mais de 50% do volume total da amostra). Os valores variam com o sexo e com a idade. Valores: Homem de 40 - 50% e Mulher de 36 - 45%. Recém-nascidos tem valores altos que vão abaixando com a idade até o valor normal de um adulto.

O percentual relativo de glóbulos vermelhos no sangue representa uma variável conhecida como hematócrito, que é obtido pela multiplicação da quantidade de eritrócitos (hemácias ou glóbulos vermelhos) presentes no sangue pela média do volume corpuscular sanguíneo. Essa variável pode ser utilizada para avaliação da desidratação corpórea, pois em decorrência da perda de líquidos, o plasma sanguíneo torna-se reduzido e há um conseqüente aumento no valor do hematócrito (SHASKEY, GREEN, 2000; McARDLE, KATCH, KATCH, 2003) e a diminuição do Ht indica processo anêmico. A desidratação também pode influenciar no comportamento e no equilíbrio de eletrólitos presentes no sangue, tais como o cálcio, sódio, potássio, dentre outros (McARDLE, KATCH, KATCH, 2003). Os valores normais de glóbulos vermelhos variam de acordo com o sexo e com a idade. Valores normais: Homem de 5.000.000 - 5.500.000, Mulher de 4.500.000 - 5.000.000. Seu resultado é dado em número por mililitro (ml) (VERRASTRO, 2005).

A hemoglobina é uma proteína presente nos eritrócitos (hemácias), constituindo aproximadamente 35% de seu peso. É um pigmento presente no sangue responsável por transportar oxigênio, levando-o dos pulmões aos tecidos de todo o corpo (VERRASTRO, 2005).

No estudo de Kirwan *et al* (1988) em atletas de natação após alguns dias de treinamento intenso, foi observado que houve uma diminuição da concentração de hemoglobina e de hematócritos, nos atletas, após 11 dias de treinamento intenso, em relação ao início do estudo.

#### **5.3.4.2 Volume Corpuscular Médio (VCM)**

Este é o índice que ajuda na observação do tamanho das hemácias e no diagnóstico da anemia. O resultado do VCM é dado em fentolitro.

#### **5.3.4.3 Hemoglobina Corpuscular Média (HCM)**

É o peso da hemoglobina na hémácia. Seu resultado é dado em picogramas. O intervalo normal é 26-34 pg (picogramas).

#### **5.3.4.4 Concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM)**

É a concentração da hemoglobina dentro de uma hemácia. O intervalo normal é de 32 - 36g/dl.

#### **5.3.4.5 Ferro Sérico**

O ferro sérico tem um importante papel de entregar o oxigênio aos tecidos, e contribuir assim para o metabolismo energético. Teoricamente, a falta desse nutriente pode reduzir o desempenho. Como o treinamento intenso necessita de mais ferro devido a várias fontes, é inquestionável que atletas de alto rendimento possam ser o grupo de maior risco para o desenvolvimento ou diminuição das reservas de ferro. A depleção estimada de ferro durante um treinamento para competição, pode ser de 1,75 mg/dia (VIRU; VIRU, 2001).

#### **5.3.4.6 Ferritina**

O mesmo autor (VIRU; VIRU, 2001), também cita que, no citoplasma dos hepatócitos, o ferro combina-se com a apoferritina e forma então a ferritina, sendo que a ferritina é também um estoque de ferro encontrada no sangue e a depleção das reservas de ferro geralmente é indicada em um primeiro estágio, pelos baixos níveis sanguíneos de ferritina (menor que 12 mg/dl).

**Tabela 1:** Valores com intervalos de referencia no sexo masculino e feminino entre eritrócitos, hemoglobina, hematócrito, ferro, e ferritina.

	Masculino	Feminino
Eritrócito	4.3 - 5.9x10 <sup>6</sup> .mL <sup>-1</sup>	3.5 - 5.5x10 <sup>6</sup> .mL <sup>-1</sup>
Hemoglobina	13,9 -16,3 g.dL <sup>-1</sup>	12 - 15 g.dL <sup>-1</sup>
Hematócrito	39 - 55 %	36 - 48%
Ferro	59-158 g.100mL <sup>-1</sup>	37-145 g.mL <sup>-1</sup>
Ferritina	30 a 160 ng/mL <sup>-1</sup>	20 a 100 ng/mL <sup>-1</sup>
Magnésio	1,7 – 2,6 mg.dL <sup>-1</sup>	

**Fonte:** VERRASTRO, 2005

### 5.3.5 Marcadores do Sistema Imunológico:

Existem alguns outros precursores que podem detectar uma sobrecarga no sistema imunológico sob efeitos de treinamentos intensos. Como o sistema imunológico é extremamente sensível aos estresses psicológicos e/ou fisiológicos, as variáveis imunológicas podem ser usadas como parâmetros de estresse em relação ao treinamento, como por exemplo, os leucócitos (GLEESON, 2002).

O treinamento físico, de intensidade moderada, melhora os sistemas de defesa, enquanto que o treinamento intenso causa imunossupressão. Os mecanismos subjacentes estão associados à comunicação entre os sistemas nervoso, endócrino e imunológico, sugerindo vias autonômicas e modulação da resposta imune. Células do sistema imunitário, quando expostas a pequenas cargas de estresse, desenvolvem mecanismo de tolerância. Em muitos tecidos tem-se demonstrado que a resposta a situações agressivas parece ser atenuada pelo treinamento físico aplicado previamente, isto é, o treinamento induz tolerância para situações estressantes (LEANDRO *et al*, 2007).

#### 5.3.5.1 Série Branca- Leucócitos

Os leucócitos, mais conhecidos como células brancas, são a unidade do sistema de defesa do nosso organismo (LEHNINGER; NELSON; COX, 2006).

Essas células, juntamente com neutrófilos, encontram-se aumentadas após prática de atividade intensa (MAGLISCHO, 2003).

A leucocitose (aumento no número de glóbulos brancos, por volume de sangue circulante) após o período inicial da temporada e após polimento, é associada a um processo de neutrofilia, com redução dos linfócitos, T e B. Também foi visto que após o período de aplicação de carga de maior intensidade e volume, há uma redução de granulócitos e linfócitos B e uma elevação dos linfócitos T (RAMA, 2010).

#### **5.3.5.2 Neutrófilos**

Os neutrófilos são importantes fagócitos do sangue e participam na reação inflamatória, sendo sensíveis a agentes quimiotáticos liberados pelos mastócitos e basófilos assim como pela ativação do sistema complemento. A leucocitose por neutrofilia pode indicar a presença de uma infecção bacteriana ou de uma inflamação em resposta a uma lesão tecidual (SCHULENBURG, KURZ, EWBANK, 2004).

#### **5.3.5.3 Linfócitos**

Os linfócitos normalmente presentes na circulação e nos tecidos linfóides encontram-se em estado quiescente, situação na qual se apresentam metabolicamente pouco ativos. A mudança para o estado ativo é também acompanhada por alterações metabólicas nestas células, em que as vias biossintéticas e energéticas são estimuladas (NASCIMENTO *et al*, 2001).

Em resposta a um exercício físico intenso ocorre neutrofilia (aumento dos neutrófilos), linfopenia (diminuição dos linfócitos) e monocitose (aumento dos monócitos). A redistribuição destas células no compartimento vascular em resposta ao exercício parece ser mediada pela adrenalina, e em menor grau pela noradrenalina (PEDERSEN, HOFFMAN-GOETZ, 2000).

#### **5.3.5.4 Imunoglobulinas (IgA)**

As imunoglobulinas tipo A (IgA) são anticorpos excretadas por células plasmáticas derivadas dos linfócitos B e tem a função de defesa do nosso organismo. Alguns estudos demonstram que ocorre um aumento das IgA após exercícios de alta intensidade (ROSA; VAISBERG, 2002). E em estudos longitunais com nadadores, mostraram uma diminuição da concentração de IgA salivar dos atletas após vários meses de treinamento (GLEESON *et al*, 1999).

A IgA salivar reage a variação da carga do treino, sendo mais baixas concentrações em períodos de maior carga de treino e maior predisposição a infecções do trato respiratório superior. No entanto, não tem sido possível obter unanimidade nos resultados dos estudos que monitoram o comportamento dessa imunoglobulina. A sua utilidade enquanto marcadora biológica na prevenção da supressão imunitária, a qual pode colocar em risco a capacidade de desempenho dos atletas ainda não obteve o consenso desejado. Apesar dessa situação inconclusiva, mantêm o interesse de monitorar a IgA em atletas que exibem frequentes episódios de Infecções de Trato Respiratório Superior e baixos níveis de IgA salivar a sobretudo nos momentos de aplicação de carga de treino de maior magnitude (RAMA, 2010).

#### **5.3.5.5 Cortisol**

O hormônio cortisol também pode ser quantificado, pois reflete diretamente o estresse causado por determinada atividade (HANEISHI *et al*, 2007), podendo até ser relacionado com a degradação de proteínas musculares em decorrência de inflamações (ISPIRLIDIS *et al*, 2008), apesar de seu comportamento ser volátil de acordo com variações circadianas. Além do exercício físico, o aumento da temperatura corporal e estresse psicológico (VIRU, VIRU, 2001) também podem contribuir para o aumento do cortisol. Os valores basais do cortisol podem estar elevados como consequência do treino intensivo sistemático e parecem reduzir em estado de sobretreinamento (URHAUSEN, KINDERMAN, 2002).

Outros fatores que podem intervir no desempenho do atleta são as quedas de concentrações de eletrólitos (cálcio, potássio, magnésio) importantes e



consequentemente, como já dito anteriormente, a concomitante perda hídrica (MUTH, 2005).

Todos esses métodos de identificação de intensidade de esforço podem ser aplicados em quaisquer atividades (treinamento, competição). São úteis para qualquer esporte, mas essas análises ainda são pouco aplicadas na prática e por consequência disso, ainda são escassos os estudos que tratam do comportamento dessas variáveis frente a uma temporada de treinamento com jovens nadadores.

## **6. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **6.1 DESIGN DO ESTUDO**

Este estudo tem característica descritiva longitudinal, de acordo com Thomas, Nelson, Silverman (2007).

Para estabelecermos de forma concisa as descrições propostas nesse estudo, os atletas foram submetidos a cinco etapas de coletas em função da periodização de treinamento na natação e do campeonato principal (Campeonato Brasileiro de Categoria) que iriam participar.

### **6.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA**

Participaram do estudo 17 atletas de natação, sendo 11 atletas do sexo masculino com idade média de  $16,72 \pm 0,72$  e 6 atletas do sexo feminino, com idade média de  $15,91 \pm 0,46$  das categorias Juvenil I e II; e Junior I e II pertencentes a um clube da cidade de Curitiba-PR. Foi adotado um processo de amostragem não-probabilístico por conveniência. Esses atletas possuem no mínimo 3 anos de experiência na modalidade, mantêm treinamentos regulares de cerca de 6 sessões semanais, além de participações em competições oficiais reconhecidas pela Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos (CBDA). São atletas competitivos, ou seja, possuem um tempo mínimo para participar de campeonatos nacionais promovidos pela CBDA, e participam de provas de velocidade (50 ou 100 metros) dentro dos 4 estilos da natação ( borboleta, costas, peito e crawl).

### **6.3 Critérios de Inclusão e exclusão**

Os seguintes critérios de inclusão foram utilizados: (1) atleta de natação com no mínimo 3 anos de experiência, que treine no mínimo 6 sessões semanais e que seja registrado na Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos; (2) faixa etária entre 15 e 19 anos; (3) caracterizado como apto para a prática de esporte de alto rendimento, por meio de uma avaliação cardiológica em clínica

médica; (4) convocado para a participação nos testes. Por outro lado, estabelecem-se os seguintes critérios para exclusão dos participantes: (1) classificação como “não-apt” ou “inapto” para a prática de esporte de alto rendimento após avaliação médica; (2) não participação na avaliação antropométrica ou não ter ficado de repouso (sem treinamento) por 2 semanas antes do início das avaliações.

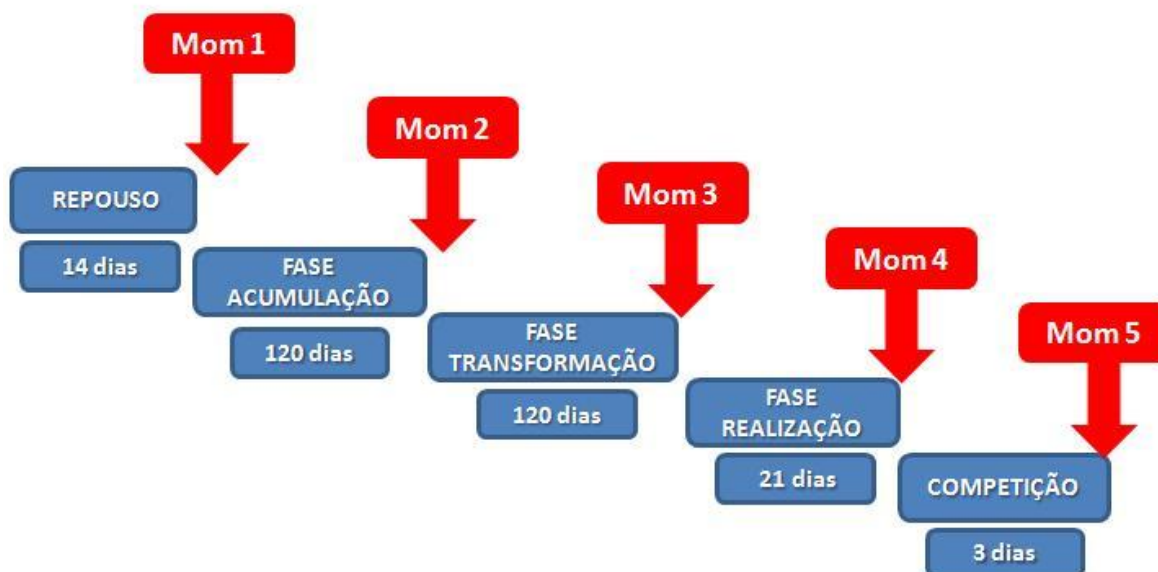
#### **6.4 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS**

O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Paraná com número de protocolo CEP/SD 957.082.10.07 e CAAE 0052.0.091.000-10 e todos os atletas, assim como seus responsáveis assinaram um Termo de Consentimento (Anexo 1) antes de realizarem as avaliações.

No primeiro contato, apenas os atletas e seus responsáveis que obtiverem as condições pré-estabelecidas nos critérios de inclusão tomaram conhecimento individualmente dos objetivos, procedimentos, possíveis riscos e benefícios da participação na presente pesquisa. Aqueles que concordavam em participar de livre e espontânea vontade receberam um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 1), onde foi preenchido e assinado pelos participantes e seus responsáveis, autorizando assim a utilização de seus dados na pesquisa.

Esse termo continha esclarecimentos sobre os objetivos e métodos que foram utilizados na pesquisa, bem como informou os possíveis riscos e benefícios da participação no estudo. Além disso, esse documento também garantia o anonimato dos dados, e confirmava a possibilidade dos participantes abandonarem as avaliações no momento em que desejassem. O termo foi assinado em uma sala privativa.

Todas as avaliações foram realizadas dentro de um clube da cidade de Curitiba-PR. Cada coleta foi realizada antes do início dos treinos de cada fase de treinamento, e 48h após o último treino, salvo a Coleta 1, que foi depois do repouso de 14 dias. Cada fase de treinamento e cada coleta estão demonstradas na figura abaixo:



**Figura 6:** esquematização dos momentos de coletas

Cada coleta foi realizada sempre no período da tarde (com o objetivo de evitar os efeitos do ritmo circadiano nos resultados dos testes, segundo CALLARD *et al*, 2001), sendo que foram realizadas antes do treinamento e nas seguintes etapas:

- 1º Avaliação antropométrica
- 2º Avaliação da Variabilidade da Frequência Cardíaca
- 3º Coleta de Sangue
- 4º Teste de Esforço máximo – uma repetição de 100 metros (piscina de 50 metros) em esforço máximo.

A temperatura e a umidade relativa do ar ambiente no momento das coletas serão mantidas entre 18-22°C e menor que 60%, respectivamente (POTTEIGER, WEBBER, 1994).

### 6.5 Temporada de treinamento e periodização de treinamento

A periodização da temporada de treinamento foi realizada a partir do campeonato principal do atleta. Os atletas, das categorias Juvenil e Junior, visam o melhor desempenho no Campeonato Brasileiro de categorias, que aconteceu

nos meses de Novembro (Juvenil) e Dezembro (Junior). A partir desse critério, a periodização foi realizada seguindo a características do Sistema ATR (NAVARRO, 2000), ou seja, a periodização é dividida em 3 fases: Acumulação, Transformação, Realização e então a competição. Os treinamentos foram realizados seis dias por semana (segunda a sábado), com duração de duas horas e meia a três horas por dia.

### **6.5.1 Definição da Atividade**

Segundo Navarro (2000), o período de Acumulação, se caracteriza por treinamentos com alto volume e baixa intensidade. Já o período de Transformação, se caracteriza por uma pequena diminuição do volume de treinamento, mas com um grande aumento da intensidade dos exercícios, e na fase de realização, ocorre aprimoramento da técnica do atleta com exercícios de alta intensidade e velocidade, e baixo volume, aproximando e preparando os atletas para o período competitivo. Normalmente, o primeiro período dura aproximadamente de 10 a 12 semanas, o segundo período de 8 a 10 semanas, e o polimento (período de realização) de 2 a 3 semanas.

### **6.6 Avaliações Antropométricas**

As avaliações antropométricas foram realizadas em uma sala privativa e adequadas para a execução desse tipo de avaliação, pertencente ao clube onde os atletas foram avaliados. Inicialmente foram realizados as medidas de estatura e da massa corporal, com a utilização de um estadiômetro *Sanny* com precisão de 1 mm, constituído de uma parte fixa a parede e outra parte na plataforma do equipamento, onde se desliza um cursor no qual se mede a estatura do indivíduo na posição em pé e uma balança de marca *Toledo 2096PP* com precisão de 50 gramas .

Com relação à coleta da espessura das dobras cutâneas, todas foram feitas por apenas um avaliador experiente, sendo efetuada sempre no hemitórax direito dos avaliados e de acordo com os procedimentos apresentados por Heyward e Stolarczyk (2000). O adipômetro utilizado era da marca *Harpender*, com precisão de 0,1 mm e pressão de 10 g/mm<sup>2</sup>, sendo coletadas as seguintes

dobras cutâneas de acordo com os seus respectivos pontos anatômicos dos atletas:

- **Subescapular:** medida obliquamente, imediatamente abaixo da extremidade do ângulo inferior da escápula;
- **Tricipital:** medida na região posterior do braço, no ponto médio de uma linha imaginária entre o ponto distal e proximal do tríceps;
- **Peitoral:** medida no ponto medial de uma linha imaginária traçada entre a linha axilar anterior e o mamilo;
- **Axilar:** medida longitudinalmente na linha axilar média, no mesmo nível do apêndice xifóide do osso esterno;
- **Suprailíaca:** medida obliquamente, no ponto médio de uma linha imaginária entre a última costela e a crista ilíaca;
- **Abdominal:** medida verticalmente a 2,5 cm a direita da cicatriz umbilical;
- **Coxa:** medida paralelamente ao eixo longitudinal do corpo, na distância média de uma linha imaginária entre o trocânter femoral e a borda superior da patela.

Para o cálculo do percentual de gordura, foram utilizadas as seguintes equações desenvolvidas para serem aplicadas em atletas e caracterizadas por sexo. Esse método fornece o valor da densidade corporal (D), que é posteriormente convertida em gordura corporal relativa (%G).

- Sexo Feminino: (Dobras: Tríceps, Abdominal, Coxa e Supra Ilíaca)

Densidade Corporal: Equação de Jackson; Pollock (1980):

$$D = 1,096095 - 0,0006952 (S4DC) + 0,0000011 (S4DC)^2 - 0,0000714 (IDADE)$$

Percentual de Gordura: Equação de Siri (1961)

$$\%G: (495/D) - 4,5 \times 100$$

- Sexo Masculino: (Dobras: Tríceps, Abdominal, Coxa)

Densidade Corporal: Equação de Jackson; Pollock (1978):

$$D = 1,112 - 0,00043499 (S7D) + 0,00000055 (S7D)^2 - 0,00028826 (IDADE)$$

Percentual de Gordura: Equação de Siri (1961)

$$\%G: (495/D) - 4,5 \times 100$$

## 6.7 Coleta de sangue

Os atletas receberam algumas recomendações antes das coletas de sangue (Anexo 3). As coletas de sangue foram realizadas sempre no período de tarde, não sendo necessário jejum prévio maior que 30 minutos e após todas as outras avaliações e antes do teste de piscina, onde após o teste de piscina, foi oferecida posteriormente uma alimentação adequada.

O Quadro abaixo representa os momentos de coletas de sangue durante as avaliações:

Coletas	Momentos
1	Em repouso
2	Após Período 1 - fase acumulação
3	Após Período 2 - fase transformação
4	Após Período 3- fase realização
5	Após Competição Principal

**Quadro 2:** Descrição dos momentos das coletas de sangue

Com relação à coleta propriamente dita, foram efetuadas por um Bioquímico devidamente capacitado, que estava equipado com luvas descartáveis e utilizava sempre seringas e agulhas também descartáveis, respeitando todos os princípios de higiene e limpeza. Após realizar a antissepsia na área anterior do braço do sujeito com o uso de algodão e álcool 70%, foi retirado 5 ml de sangue intravenoso, posteriormente armazenado em tubo heparinizado específico. As amostras para a realização do hemograma foram conservadas em temperatura refrigerada (5°C), para execução das análises. Para a realização dos testes bioquímicos as amostras foram centrifugadas separadas e o soro ou plasma levadas a um freezer com temperatura de -10°C à -15°C até o momento das análises bioquímicas, que serão realizadas em um laboratório clínico da cidade. Este por sua vez se comprometeu a armazenar as amostras adequadamente e realizar o devido descarte em lixo hospitalar depois de realizadas as análises.

Foram realizadas as seguintes análises, de acordo com os respectivos métodos:

- **Eritrograma (contagem de eritrócitos):** Método de impedância com mensuração volumétrica, por meio da utilização do Sistema CELL-DYN

1400, sendo que a diluição é realizada entre uma parte do sangue total para 12.800 partes de diluente específico.

- **Hematócrito:** Calculado a partir da multiplicação dos valores da contagem de hemácias pela média do volume corpuscular.

- **Hemoglobina:** Método de Cianmetehemoglobina modificado com autoblack, com utilização do Sistema CELL-DYN 1400, sendo que a diluição é realizada entre uma parte do sangue total em 250 partes de diluente + 1,0±2,5 ml de reagente lise.

- **Leucograma (contagem de leucócitos):** Método de impedância com mensuração volumétrica, utilizando o Sistema CELL-DYN 1400, sendo que a diluição é realizada entre uma parte de sangue total por 250 partes de diluente + 1,0±0,25 ml de reagente lise.

- **Creatina Kinase:** Método cinético UV otimizado (IFCC) para determinação da CK em soro ou plasma, com a utilização de CR-NAC: unitest y AA (WIENER LAB, 2000).

Por especificidade de análise do laboratório a concentração de CK apresentada nesta pesquisa é a CPK que se caracteriza por ser a concentração de CK total sanguínea.

- **Lactato Desidrogenase:** Método cinético UV otimizado (DGKC) para determinação da LDH em soro, com a utilização de LDH-P: unitest (WIENER LAB, 2000).

- **Uréia:** Método cinético UV otimizado para determinação da Uréia em soro ou plasma, com a utilização de UREA: Cinética AA (WIENER LAB, 2000).

- **Cálcio:** Método colorimétrico de cálcio, que mede a intensidade de cor produzida pelo composto formado entre a orto-cresolftaleína complexona e o  $\text{Ca}^{2+}$  em pH alcalino (BIOCLIN, 2004)

- **Cortisol:** Método de determinação por colorimetria, com utilização de espectrofotômetro e kit de análise específico.

- **Ferro Sérico:** Método de determinação por colorimetria, que reage com o cromazurol B (CAB) e brometo de cetiltrimetilamônio (CTMA), com utilização de aparelho automatizado (Seletra E), Biotécnica Ferro CRX.



- **Ferritina:** Método de Quimioluminescência. Imunoensaio que utiliza dois anticorpos anti ferritina que reage com a ferritina presente, com utilização de aparelho automatizado Centauro.

- **Imunoglobulina A:** Nefelometria, com utilização de aparelho automatizado com pesquisa direta da presença da quantidade da imunoglobulina A (IgA) presente no paciente.

Durante todas as coletas, um médico com habilidades em situações emergenciais, esteve presente nas avaliações e caso ocorresse alguma situação emergencial, o clube possui um desfibrilador portátil, além da cobertura de um serviço de emergência.

## **6.8 Avaliação da Variabilidade da Frequência Cardíaca**

A realização do teste da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) foi realizada com 4 monitores de frequência cardíaca (modelo *Polar RS800*). Os atletas deitavam sobre colchões em decúbito dorsal. Após silêncio absoluto na sala, a avaliação era iniciada, sendo a frequência cardíaca gravada num período de 15 minutos, onde o atleta permanecia em silêncio, e mantinha os olhos abertos durante esse período, para não ter ativação maior do Sistema Nervoso Parassimpático.

Cada avaliação foi transferida para o programa do próprio monitor cardíaco (*Polar ProTrainer 3.2*), onde era detectado os intervalos anormais e filtrados. Através desse procedimento, os dados foram obtidos em texto e transferidos para outro *software* Kubios Analysis (*HRV Analysis*), onde os dados foram analisados em:

- Domínio de Tempo (RMSSD; pNN50)
- Domínio de Frequência: essa análise decompõe a VFC em componentes oscilatórios fundamentais (High Frequency/ HF; Low Frequency/LF; e LF/HF).

## **6.9 Teste de piscina em esforço máximo: 1 repetição x 100 metros em piscina de 50 metros**

Esse teste foi realizado em uma piscina de 50 metros (do próprio clube). A coleta de lactato foi realizada por avaliadores com prática, onde foram

coletados 25  $\mu\text{L}$  de sangue da polpa digital do atleta por meio de um capilar heparinizado marcado, e o sangue foi colocado em tubos tipo *ependorf* que continham 50  $\mu\text{L}$  de fluoreto de sódio a 1% para armazenamento e refrigeração até posterior análise laboratorial. Essas amostras foram analisadas em um analisador de lactato da marca YSP 1500 STAT.

O teste de piscina consistia em 1 repetição de 100 metros, no seu nado específico (crawl, costas ou peito). Primeiro, o atleta realizou aquecimento na água e após um repouso de 10 minutos, e ele realizou a repetição máxima, saindo de dentro da piscina. A coleta de sangue foi realizada imediatamente após a repetição, e depois de 3, 5 e 7 minutos. Os dados foram tabulados com a concentração de lactato, e foram selecionados os picos de concentração de lactato após o teste ( $[\text{Lac}_{\text{pico}}]$ ), com os tempos que os atletas realizaram durante a repetição (em metros/segundo).

## 6.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Inicialmente foi realizada para caracterização da amostra, a estatística descritiva, com média e erro-padrão, para todas as variáveis coletadas. Com o objetivo de verificar os efeitos causados por cada fase de treinamento, foi realizado um teste de normalidade *Shapiro – Wilk* e um teste de homogeneidade de *Bartlet*.

Devido ao fato do pressuposto de normalidade ter sido atendido, optou-se por uma análise paramétrica. Para todas as comparações entre os grupos, foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) com medidas repetidas entre os valores encontrados nos cinco momentos de coletas, seguido do post-hoc de *Bonferroni*.

Para todas as análises foi utilizado o pacote estatístico PASW Statistic 18.0 for Windows, com a significância fixada em  $p \leq 0,05$

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo principal do presente estudo foi de verificar alguns efeitos fisiológicos, bioquímicos e de desempenho em jovens nadadores durante uma temporada de treinamento.

A idade média dos atletas era de  $15,91 \pm 0,46$  anos para mulheres e  $16,72 \pm 0,72$  anos para homens, de duas categorias (Juvenil e Junior) divididas pela Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos (CBDA).

A temporada de treinamento, contou com 6 meses de treinamento com uma divisão de macrociclo de acordo com o Sistema ATR de treinamento (NAVARRO, 2000). Toda a temporada de treinamento foi elaborada pelos técnicos, sem interferência dos pesquisadores e durou 5 meses.

O volume de treinamento de cada microciclo está sendo mostrado na tabela abaixo:

**Tabela 2:** Volume de treinamento semanal de cada período de treinamento com média  $\pm$  erro padrão.

	Volume Semanal de Treinamento (Metros)	
	Dias	Média $\pm$ EP
Repouso	14	-
Período 1: Acumulação	120	$34.687 \pm 468,75$
Período 2: Transformação	120	$33.125 \pm 625,00$
Período 3: Realização	21	$19.166 \pm 416,67$
Campeonato Brasileiro de Categoria	3	-

Segundo Navarro 2000, o sistema ATR de treinamento, é dividido em 3 fases: Acumulação (A), Transformação (T), e Realização (R). Dentro do Microciclo A, o treinamento é descrito com alto volume e baixa intensidade. Já no T, diminui um pouco o volume e aumenta a intensidade das séries, e já na R, trabalha-se a recuperação e preparação do atleta para a competição, onde se diminuem as séries de intensidade e volume. Segundo autores Mujika *et al* (2004), o período pré competição na natação, também chamado de polimento ou taper, e que em nosso estudo é o microciclo R, é necessário de 3 a 4 semanas para que se ocorra

todo o processo de adaptação do atleta para a competição, como foi observado em nosso estudo.

## 7.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Os 17 atletas que participaram do estudo realizaram avaliações antropométricas para caracterização física da amostra. A Tabela 3 apresenta respectivamente o perfil dos atletas em % de gordura, peso e estatura, respectivamente.

**Tabela 3:** Caracterização da amostra dos nadadores

		n	Mom 1	Mom 2	Mom 3	Mom 4	Mom 5
% Gordura	Fem	6	21,35±1,60	18,66±1,52	20,82±1,52	20,39±1,46	20,41±1,50
	Masc	11	14,66±2,24 <sup>a</sup>	7,36±0,54 <sup>b</sup>	8,66±0,75 <sup>a,c</sup>	8,31±0,62 <sup>a,c</sup>	8,24±0,59 <sup>a,b,c</sup>
	Total	17	17,02±1,72 <sup>a</sup>	11,35±1,48 <sup>b</sup>	12,95±1,61 <sup>a,c</sup>	12,57±1,57 <sup>a,c,d</sup>	12,54±1,58 <sup>a,c,d,e</sup>
Peso Corporal (Kg)	Fem	6	59,12±2,08	60,27±1,86	59,22±2,14	59,02±1,86	58,83±1,94
	Masc	11	72,70±2,00	73,69±1,68	73,15±1,67	72,75±1,55	72,61±1,53
	Total	17	67,91±2,17	68,95±2,03 <sup>a</sup>	68,24±2,10	67,90±2,01 <sup>b</sup>	67,75±2,02
Estatura (cm)	Fem	6	168,07±2,49	168,10±2,48	168,15±2,50	168,15±2,50	168,17±2,48
	Masc	11	179,36±1,15	179,86±1,11	180,35±1,10	180,35±1,10	180,35±1,10
	Total	17	175,38±1,74	175,71±1,78	176,04±1,82	176,04±1,82	176,05±1,81

Letras diferentes representam diferenças significativas entre os momentos onde  $p \leq 0,05$

Estudo com nadadores da mesma faixa etária e categorias (PRESTES *et al*, 2006), mostram que o % de gordura destes atletas coincidem com os do nosso estudo. Já o peso nos meninos é mais baixo em nosso estudo do que o de Prestes *et al* (2006), já as meninas encontram-se no mesmo padrão.

Em relação a estatura, comparando sexo feminino e masculino com os mesmos gêneros no estudo de Prestes *et al* (2006), nossos atletas são mais altos em média. Estudo de Wells, Schneiderman-Walker, Plyley (2006) com nadadores de elite, foram observados que as médias de estatura, % de gordura e peso, corroboram com nosso estudo.

## 7.2 Resposta ao teste de esforço máximo na piscina (1 repetição x 100 metros)

O teste foi realizado em uma piscina de 50 metros, onde os nadadores realizavam o melhor tempo nadando 100 metros.

**Tabela 4:** Valores referentes ao teste de esforço máximo de uma repetição de 100 metros em piscina de 50 metros, onde os valores de concentração de lactato correspondem ao pico de lactato ( $[La_{pico}]$ ) entre os 4 momentos de coleta

		n	Mom 1	Mom 2	Mom 3	Mom 4
$[La_{pico}]$ (mmol/L)	Fem	6	12,6±1,33	12,11±1,43	13,61±2,54	14,71±1,55
	Masc	11	12,28±0,68	12,08±0,64	12,58±1,23	11,52±0,82
	Total	17	12,40±0,62	12,09±0,62	12,94±1,16	12,64±0,82
Vel (m/s)	Fem	6	1,40±0,04	1,42±0,04	1,44±0,04	1,46±0,05
	Masc	11	1,52±0,04 <sup>a</sup>	1,54±0,04 <sup>a</sup>	1,57±0,04 <sup>a,c</sup>	1,59±0,05 <sup>b,c</sup>
	Total	17	1,48±0,03 <sup>a</sup>	1,50±0,03 <sup>b</sup>	1,52±0,03 <sup>b,c</sup>	1,54±0,04 <sup>c,d</sup>

Letras diferentes representam diferenças significativas entre os momentos onde  $p \leq 0,05$

O teste foi realizado em piscina de 50 metros, onde os atletas fizeram uma repetição de 100 metros (OLBRECHT *et al*, 1992) em esforço máximo, com saída dentro da água. O Lactato foi coletado imediatamente após (ImA) a repetição e nos minutos, 3, 5 e 7 após. Já a velocidade de nado em m/s foi coletado quando o atleta chegava na borda da piscina.

Observa-se nesses resultados que houve um aumento gradual na velocidade do teste de esforço máximo, no grupo masculino, feminino e no grupo como um todo. Houveram diferenças significativas entre os momentos 1 e 4, e entre 2 e 4 no Grupo masculino, e no grupo Total, o momento 1 foi diferente de todos os momentos subsequentes, demonstrando uma elevação progressiva da velocidade. Podemos afirmar que, que os atletas tiveram uma maior adaptação ao treinamento, pois o desempenho no teste foi melhorando com o passar da temporada, onde eles nadavam mais rápido na mesma distância (metros/segundo)

Em relação à concentração do pico de lactato ( $[La_{pico}]$ ), os atletas se tornaram mais tolerantes a essa concentração, pois não houve diferença significativa em nenhum dos momentos, mas houve aumento da velocidade na mesma distância. Apesar do lactato não ter tido alteração significativa, pesquisas

demonstram que na fase específica (momento 3), há uma adaptação dos mecanismos anaeróbicos que podem resultar em altas concentrações de lactato após esforços máximos, como podemos observar em todos os grupos. Essas adaptações positivas podem incluir uma maior capacidade para bombear lactato rapidamente dos músculos para o sangue (JACOBS, 1986).

### 7.3 Análises Bioquímicas e Fisiológicas

#### 7.3.1 Resposta do Sistema Nervoso Autônomo

Outra área emergente, com potencial na monitorização do impacto do treino sobre a capacidade de adaptação dos atletas, tem sido o controle da VFC, enquanto marcador da influência do sistema nervoso autônomo (ACHTEN, JEUKENDRUP, 2003; AUBERT, SEPS, BECKERS, 2003). A VFC reflete o controle cardiovascular exercido por ambos os sistemas nervoso parassimpático e simpático, a qual tem sido utilizada para avaliar as modificações de funções autônomas devido ao exercício agudo ou treino (MOUROT *et al*, 2004).

**Tabela 5:** Valores dos índices pNN50 e RMSSD do domínio de tempo durante os cinco momentos das avaliações expressos em média e erro padrão.

Índices da VFC		N	Mom 1	Mom 2	Mom 3	Mom 4	Mom 5
pNN50	Fem	6	33,34 ±8,64 <sup>a,b</sup>	36,65 ±7,52 <sup>a,b</sup>	25,74 ±3,66 <sup>a</sup>	40,05 ±3,95 <sup>b</sup>	34,55 ±6,70 <sup>a,b</sup>
	Masc	11	40,74 ±4,80	37,45 ±4,84	38,65 ±5,74	40,64 ±2,10	31,78 ±5,26
	Total	17	38,13 ±4,28	37,16 ±3,96	34,10 ±4,15	40,43 ±1,87	32,76 ±4,03
RMSSD	Fem	6	63,62±13,67	68,43±13,95	47,11±4,15 <sup>a</sup>	66,74±3,65 <sup>b</sup>	61,06±6,74
	Masc	11	69,32±6,71	71,93±7,49	73,44±9,61	72,87±4,19	61,13±7,84
	Total	17	67,31 ±6,27	70,69 ±6,66	64,15±7,01	70,71±3,02	61,11±5,46

Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre os momentos onde  $p \leq 0,05$

Nesses dados dos índices pNN50 e RMSSD, foi possível observar um aumento nas mulheres do momento 3 para o 4. Esses índices, segundo os autores Aubert, Seps, Beckers (2003), representam a ativação do Sistema Nervoso Parassimpático. Como observado em nosso estudo, essa ativação é importante após o período de polimento (momento de coleta 4) como falam os autores Mel'nikov, Kylosov, Vikulov, (2007) e Kylosov *et al* (2009), pois significa que houve processo de adaptação ao treinamento.

No momento 5, realizado após a competição, os valores diminuíram sugerindo um período de alta intensidade e consequente queda da ativação parassimpática. Tanto quando incluídos os atletas masculinos isolados quanto para a amostra não foram encontradas diferenças entre os momentos avaliados.

**Tabela 6:** Valores dos índices HF, LF e LF/HF do domínio de frequência durante os cinco momentos das avaliações expressos em média e erro padrão.

		N	Mom 1	Mom 2	Mom 3	Mom 4	Mom 5
HF (n.u)	Fem	6	27,49±3,35 <sup>ab</sup>	34,14±7,32 <sup>ab</sup>	32,15±3,29 <sup>a</sup>	41,69±4,13 <sup>b</sup>	34,97±3,90 <sup>ab</sup>
	Masc	11	35,61±4,38	29,07±3,45	32,37±4,87	40,97±0,85	26,20±2,24
	Total	17	32,75±3,15 <sup>ab</sup>	30,86±3,33 <sup>a</sup>	32,29±3,29 <sup>ab</sup>	41,22±1,48 <sup>b</sup>	29,29±2,19 <sup>a</sup>
HF (%)	Fem	6	22,40±7,00	28,35±9,08	22,95±2,70	31,31±4,26	27,17±4,40
	Masc	11	22,62±3,16 <sup>ab</sup>	19,07±3,34 <sup>a</sup>	20,08±3,91 <sup>a</sup>	29,51±0,75 <sup>b</sup>	14,37±2,09 <sup>a</sup>
	Total	17	22,54±3,07 <sup>ab</sup>	22,34±3,85 <sup>ab</sup>	21,09±2,67 <sup>a</sup>	30,14±1,51 <sup>b</sup>	18,89±2,50 <sup>a</sup>
LF (n.u)	Fem	6	57,41±9,89 <sup>ab</sup>	52,70±10,85 <sup>ab</sup>	62,79±2,92 <sup>a</sup>	50,70±3,91 <sup>b</sup>	55,56±4,91 <sup>a</sup>
	Masc	11	59,81±4,64 <sup>ab</sup>	67,23±4,18 <sup>a</sup>	63,32±5,79 <sup>ab</sup>	50,45±2,03 <sup>b</sup>	68,97±2,92 <sup>a</sup>
	Total	17	58,97±4,43 <sup>ab</sup>	62,10±4,80 <sup>ab</sup>	63,13±3,81 <sup>a</sup>	50,54±1,83 <sup>b</sup>	64,24±2,95 <sup>a</sup>
LF (%)	Fem	6	36,28±7,09 <sup>ab</sup>	31,72±2,48 <sup>a</sup>	44,56±2,75 <sup>b</sup>	35,77±1,17 <sup>a</sup>	41,22±2,95 <sup>ab</sup>
	Masc	11	38,11±3,67 <sup>ab</sup>	49,53±2,69 <sup>a</sup>	39,97±5,90 <sup>b</sup>	35,62±1,24 <sup>a</sup>	38,00±4,18 <sup>ab</sup>
	Total	17	37,46±3,32	43,24±2,85	41,59±3,90	35,67±0,88	39,13±2,86
LF/HF	Fem	6	2,32±0,60	2,51±1,02	2,08±0,26	1,46±0,35	1,76±0,31
	Masc	11	2,55±0,78 <sup>ab</sup>	2,74±0,39 <sup>a</sup>	3,43±1,26 <sup>ab</sup>	1,26±0,07 <sup>b</sup>	3,50±0,87 <sup>ab</sup>
	Total	17	2,47±0,54 <sup>ab</sup>	2,66±0,42 <sup>a</sup>	2,95±0,82 <sup>ab</sup>	1,33±0,13 <sup>b</sup>	2,89±0,60 <sup>ab</sup>

Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre os momentos onde  $p \leq 0,05$

A Tabela 6 mostra valores dos índices referentes ao domínio de frequência, sendo que os índices HF (high frequency), representam a atuação do SNP, já os índices LF (low frequency) apresentam atuação tanto do SNS quanto do SNP, com maior predomínio do SNS (ACHTEN, JEUKENDRUP, 2003).

Já nos índices HF% e HFnu houve uma diminuição no grupo todo, representando uma queda da ativação do SN Parassimpático depois da competição. Resultado comum encontrado em outros estudos (ATLAOUI *et*

al,2007; KYLOSOV *et al*, 2009; BRICOUT, DeCHENAUD, JUVIN 2010; PICHOT *et al*, 2000), após período de competição. Nos mesmo índices, houve aumento no momento 3 para 4, (HF%), e 2 para 4 (HFnu), também respondendo ao processo de adaptação do SN autônomo a temporada de treinamento

Em relação ao índice LF% no grupo feminino, foi observado aumento do momento 2 para 3, onde teve um aumento de carga de treinamento, com diminuição do momento 3 para 4, momento onde houve o inverso ao índice HF(%).

No índice LFnu houve uma diminuição do momento 3 para 4 no grupo feminino e total, e diminuição de 2 para 3 no grupo masculino. Já o aumento foi observado no momento 4 para 5 no grupo masculino e total. Isso nos mostra uma ativação maior do Sistema Nervoso Simpático depois do período de competição, ao contrário do que ocorre com os índices que representam o Sistema Nervoso Parassimpático.

Já a razão LF/HF apresenta diminuição no grupo masculino e valor do momento 2 para momento 4, representando uma maior ativação do SNP após o período de polimento. Essa relação LF/HF reflete as alterações absolutas e relativas entre os componentes simpático e parassimpático do SNA, caracterizando o balanço simpato-vagal sobre o coração (NOVAIS *et al*, 2004).

Mel'nikov e colaboradores (MEL'NIKOV, KYLOSOV, VIKULOV, 2007), compararam a VFC em atletas e sedentários, depois de 5 meses de estudo, foi observado nenhuma diferença entre os índices de VFC nos dois grupos. Já Kylosov e col (KYLOSOV *et al*, 2009), observaram que durante o período de maior volume de treinamento, houve um aumento significativo entre os índices LFnu e na proporção LF/HF, e diminuição de HF % e HFnu, indicando uma predominância do SNS sobre a atividade do SNP na regulação autonômica no coração dos atletas e diminuindo o tônus vagal nesse período de treinamento. E no período de recuperação (em nosso estudo, se refere ao polimento), houve aumento significativo dos índices de HF tanto HF% e HFnu. Esses resultados demonstram que, durante o período de polimento, onde existe um menor volume e menor intensidade de treinamento, há uma ativação maior do tônus vagal, ou seja, da atividade do SNP.

Já Bricout, DeChenaud, Juvin (2010) em seu estudo com jogadores de futebol, durante 5 meses, onde realizavam análises da VFC, antes e depois do



treinamento ou jogo. Eles observaram que, quando se tinha um treinamento intenso durante a semana os índices pNN50 e HF tinham uma queda significativa com os valores basais, e um aumento do índice LFnu. Também indicando um aumento da atividade do SNS com aumento da intensidade e volume de treinamento, e diminuição do tônus vagal.

Estudo com nadadores publicado em 2004 por Garet e colaboradores (GARET *et al*, 2004) mostrou que esse perfil de baixos índices LF anteriores a competição foi associado com melhor performance na mesma.

Outro estudo, agora de Pichot e colaboradores (PICHOT *et al*, 2000) observaram que em corredores de média distância com aumento da carga de treinamento, houve um aumento da resposta do SNS, com aumento dos índices LF e razão LF/HF. Já no período de recuperação, a ativação do Tônus Vagal foi maior (SNP), com aumento dos índices de HF (*Análise de Fourier*), RMSSD e SDNN. O que também foi encontrado no nosso estudo. Se observarmos na tabela 6, ocorreu um aumento da carga de treinamento, houve aumento dos índices de LF e da razão LF/HF, e antes da competição, ao término do polimento, os índices do SNP tiveram um aumento com diminuição dos índices do SNS, demonstrando então que em nossos atletas, uma recuperação do SNP muito boa, com equilíbrio do SNA.

Em atletas, um intenso período de treinamento de resistência resulta em diminuição da VFC que é seguido pela recuperação da VFC nível pré-treino durante o período de treinos leves, o que ocorreu em nosso estudo, onde os indicadores do SNP obtiveram aumento no período de polimento. A recuperação da VFC está associada com um melhor desempenho em atletas. Juntos, esses estudos sugerem que a VFC incluem importantes informações sobre o processo de recuperação fisiológica depois do estímulo do treinamento e pode servir como apropriado indicador de condição fisiológica para o treinamento (PICHOT *et al*, 2000; IELLAMO *et al* 2002; GARET *et al*, 2004).

No estudo de Perini e col (Perini *et al*, 2002) não foi observado diferenças significativas em seu estudo longitudinal nos índices LFnu e HFnu como resposta ao exercício depois de 8 semanas de um programa de treinamento aeróbico. Essas pequenas variações nos estudos demonstram que a variabilidade da interindividualidade pode ser um fator importante, primeiro como nível genético, mas também no impacto do estresse ou do treinamento (Bricout, DeChenaud,

Juvin, 2010), e também a quantidade de semanas ou meses de treinamento podem levar a essas variações, pois o SNA pode não ter tido o tempo necessário para desenvolver as adaptações.

### 7.3.2 Biomarcadores musculares

Os resultados do desse estudo referentes a marcadores de danos musculares como CK, LDH (URHAUSEN, KINDERMANN, 2002; BUTOVA, MASALOV, 2009), e indicadores de estresse fisiológico como Cálcio, Magnésio e Uréia (SILVA *et al*, 2006) se encontram nas tabelas abaixo.

#### 7.3.2.1 Creatina quinase (CK) e Lactato desidrogenase (LDH)

**Tabela 7:** Valores referentes a CK e LDH durante os momentos de coleta. Valores expressos em média e erro padrão

		n	Mom 1	Mom 2	Mom 3	Mom 4	Mom 5
CK (U/L)	Fem	6	87,00±6,22 <sup>a</sup>	113,67±8,40 <sup>ab</sup>	126,00±8,29 <sup>ab</sup>	132,77±8,93 <sup>b</sup>	99,10±14,24 <sup>ab</sup>
	Masc	11	148,91±17,38	237,27±26,57	198,31±19,13	172,19±16,58	204,98±29,51
	Total	17	127,06±13,46 <sup>a</sup>	193,65±22,61 <sup>b</sup>	172,79±15,17 <sup>ab</sup>	158,28±11,92 <sup>ab</sup>	167,61±23,12 <sup>ab</sup>
LDH (U/L)	Fem	6	396,33±65,99	317,33±16,41	329,83±8,51	360,17±8,13	388,08±17,42
	Masc	11	417,45±40,05 <sup>ab</sup>	317,64±13,99 <sup>a</sup>	326,27±12,16 <sup>ab</sup>	369,18±5,49 <sup>b</sup>	405,77±24,05 <sup>ab</sup>
	Total	17	410,00±33,70 <sup>ab</sup>	317,53±10,43 <sup>a</sup>	327,53±8,24 <sup>a</sup>	366,00±4,54 <sup>b</sup>	399,53±16,49 <sup>b</sup>

Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre os momentos onde  $p \leq 0,05$

A CK é considerada como biomarcador lesão muscular ou de tensão muscular de treinamento, pois o seu extravasamento da célula muscular após lesão aumenta sua concentração no sangue e reflete sua liberação ao longo dos dias posteriores ao treinamento (URHAUSEN, KINDERMANN, 2002).

Em nosso estudo, a CK teve aumento significativo entre os momentos 1 e 2. Nosso resultado corrobora com outros estudos (PURGE, JURIMAE, JURIMAE, 2006; KIRWAN *et al*, 1988;), onde se observam aumentos dos valores de CK logo após inícios dos treinos.

Mougios (2007) realizou um trabalho para colocar valores de referência de CK em atletas e não atletas. Nos homens atletas, o valor encontrado foi de 82 a 1083 U/L e em mulheres atletas de 47- 513 U/L, quando analisado em temperaturas a 37°C. Os valores encontrados neste trabalho, encontram-se

dentro dos valores de referência, mas deve-se destacar que, na natação, os valores são menores do que nos esportes de contato (média de 523 U/L), pelo fato de não ter tantos movimentos excêntricos e não ser um esporte de contato, e que existe diferenças entre as propriedades individuais dos músculos (TOTSUKA *et al*, 2002).

O pico de CK no sangue é de 24h a 48h após o exercício (TOTSUKA *et al*, 2002) depois de exercícios com alta carga e alto volume de treinamento. Mas seus valores são acumulativos, podendo permanecer entre 3 a 7 dias depois do exercício.

Nos estudos de Kylosov *et al* (2009) e de Mel'nikov, Kylosov, Vikulov (2007) não foram encontradas diferenças significativas entre os períodos de treinamento nos valores de CK e LDH.

Segundo Hoffman *et al* (2005) o que pode ter acontecido para que a concentração de CK não ter aumentado juntamente com o aumento da intensidade dos treinos é que lesões repetidas nas fibras musculares podem ter fornecido algum grau de sensibilização do músculo. Assim, como resultado, a extensão da ruptura da membrana do músculo esquelético foram provavelmente minimizados, permitindo apenas as moléculas menores como a mioglobina, LDH passem pela membrana das fibras musculares lesionadas pelo exercício intenso. E também Hartman, Mester (2000), que relatam em seu estudo o que pode ter ocorrido para não ter mais pico de CK sérico é uma adaptação do sistema muscular a carga de treinamento.

Os níveis de concentração máxima plasmática das enzimas musculares após esforço tendem a diminuir com a continuidade do treinamento (GARRY, McSHANE, 2000), no entanto, após o exercício físico exaustivo e prolongado podem somente atingir o pico máximo de concentração 24 a 48 horas após o término do esforço (SANTOS, 2004).

A LDH também tem sido relacionada com dano muscular, e pelo mesmo motivo da CK: são substâncias que não conseguem ultrapassar as membranas e com o rompimento das mesmas, o conteúdo das células extravasa e passa a circular na corrente sanguínea (SAYERS, CLARKSON; 2003; FOSCHINI, PRESTES, CHARRO; 2007).

O resultados do estudo demonstram que os valores de LDH foram aumentados do momento 2 para 4 no grupo masculino, e total, e também no

grupo total, foi observado um aumento nos valores do momento 2 para 5 e, 3 para 4 e para 5. Foi um crescente aumento do início do treinamento (momento 2) até o momento 5, que é após a competição.

Como o LDH é um marcador de dano muscular, como a CK, no presente estudo, podemos observar que, com o aumento do volume de treinamento, houve aumento dos valores de LDH, inclusive após o período de competição, onde o estresse muscular é muito grande. Em alguns estudos, como de Kylosov *et al* (2009) também foi observado esse aumento. Como já explicado anteriormente, a CK manteve seus valores após a continuidade do treinamento, mas os valores de LDH foram aumentando conforme o treinamento, isso se deve ao fato da extensão da ruptura das fibras musculares, que permitiram passagem somente das moléculas de LDH, por isso seu aumento no sangue (HOFFMAN *et al*, 2005).

### **7.3.2.2 Cálcio e Magnésio**

O Magnésio e o cálcio são indicadores de sobrecarga metabólica para exercícios intensos, principalmente os predominantemente aeróbios de grande resistência, servindo como marcadores complementares para o risco das lesões musculares esqueléticas (DEKKERS, DOORMER, KEMPER, 1996; SACHER, McPHERSON, 2002).

Como se pode observar na Tabela 8, o cálcio no grupo masculino e no grupo total apresentaram uma diminuição significativa do momento 1 para o momento 2, entre os momentos 2 e 3 houve um aumento significativo. Já em relação ao magnésio, houve um aumento entre os momentos 1 e 3, 2 e 4, e 2 e 5.

Estudos com ciclistas, durante 6 semanas de treinamento, onde 18 dias foram de treinamento de alta intensidade e 10 dias de polimento com baixa intensidade, foi observado um aumento na concentração de cálcio sanguíneo e urinário desses atletas após o período de polimento, o que também podemos observar no nosso estudo, onde houve aumento significativo entre momentos 2 e 4, onde 4 seria a coleta pós polimento (DRESSENDORFER *et al*, 2002). Essa recuperação aparente do cálcio pode ser resultado de um baixo cálcio ionizado no sangue ou aumento de níveis de hormônios da paratireóide. Independentemente do mecanismo de regulação, a redução da intensidade do treinamento durante o polimento parece provocar essa retenção de cálcio compensatória

(DRESSENDORFER *et al*, 2002). Em relação à intensidade do exercício, quanto maior for a agressão induzida pelo treinamento, maior é a expressão da redução temporária de cálcio sérico com toda uma série de implicações metabólicas e neuromusculares.

**Tabela 8:** Valores referentes a Cálcio e Magnésio durante os momentos de coleta. Valores expressos em média e erro padrão

		n	Mom 1	Mom 2	Mom 3	Mom 4	Mom 5
Cálcio (mg/dL)	Fem	6	10,37±0,26	9,35±0,27	9,52±0,32	10,03±0,11	9,77±0,29
	Masc	11	10,09±0,21 <sup>a</sup>	9,13±0,26 <sup>b</sup>	10,14±0,19 <sup>a,c</sup>	9,84±0,05	9,77±0,25
	Total	17	10,19±0,16 <sup>a</sup>	9,21±0,19 <sup>b</sup>	9,92±0,18 <sup>a,c</sup>	9,91±0,05 <sup>a,c</sup>	9,77±0,19
Magnésio (mg/dL)	Fem	6	2,04±0,02	1,95±0,09	2,73±0,22	2,30±0,05	2,05±0,06
	Masc	11	2,07±0,06 <sup>a</sup>	1,86±0,04 <sup>a,c</sup>	3,01±0,17 <sup>b</sup>	2,10±0,10 <sup>a,c,d</sup>	1,97±0,04 <sup>a,b,c,e</sup>
	Total	17	2,06±0,04 <sup>a</sup>	1,89±0,04 <sup>b</sup>	2,91±0,13 <sup>a,c</sup>	2,17±0,07 <sup>a,c,d</sup>	2,00±0,03 <sup>a,c,e</sup>

Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre os momentos onde  $p \leq 0,05$

Martin *et al* (2007) relatam que em seu estudo, o exercício não alterou a excreção urinária do cálcio, e não promovendo assim a compensação para as perdas de cálcio na sudorese, e assim, alguns atletas podendo apresentar baixos valores de cálcio plasmático.

Estudo de DRESSENDORFER *et al*, 2002, não houve alteração de outros minerais, como o magnésio. O Magnésio ( $Mg^{2+}$ ) é um cátion envolvido em diversos mecanismos metabólicos que desempenham um papel importante na atividade de muitas coenzimas e, em reações que dependem da produção de ATP. A atividade física pode aumentar a exigência de  $Mg^{2+}$  e/ou incrementar a sua perda, o que pode conduzir a uma situação de hipomagnesemia indutora de fragilidade muscular disfunção neuromuscular e tétano, que pode afetar a desempenho ou a saúde dos indivíduos (WARBURTON *et al.*, 2002).

O comportamento do  $Mg^{2+}$  tem sido frequentemente associado à realização de exercícios extenuantes de longa duração. Normalmente tem sido reportada uma redução, que em casos extremos poderá ter implicações para a saúde dos indivíduos (WELSH *et al* 1999).

Uma possível explicação para a hipomagnesemia residirá na transferência do  $Mg^{2+}$  do eritrócito para o plasma e deste para a célula muscular. Em exercícios prolongados e em ambiente de temperatura elevada a baixa de  $Mg^{2+}$  poderá ser

derivada do esgotamento das reservas existente no eritrócito. Já o aumento, pode ser observado em atletas que sofreram suplementação e alimentação adequada (BÜRGER-MENDONÇA,2007).

Um estudo com 11 atletas em preparação para uma maratona, foi encontrado um decréscimo do  $Mg^{2+}$  total circulante no sangue, após 1 e 2 meses de treino. Esta redução pode ser atribuída pela perda através da transpiração ou à transferência do magnésio do sangue para outros compartimentos (BÜRGER-MENDONÇA, 2007). Parte da alteração do  $Mg^{2+}$  provocado pelo exercício extenuante prolongado pode explicar-se através das perdas através da transpiração, mas também pela depleção das reservas de magnésio dos eritrócitos (WELSH *et al.*, 1999), a ingestão inadequada durante o exercício e pela desidratação. A redução acentuada de  $Mg^{2+}$  pode provocar disfunção neuromuscular já que não é possível bloquear o efeito estimulante do cálcio nos músculos. Os valores situados entre 1,7 e 2,6 mg/dL são apontados como intervalo de referência clínica de  $Mg^{2+}$  plasmático, como foi observado em nosso estudo, todos se encontram dentro dos parâmetros de referência.

### 7.3.2.3 Uréia

A concentração de uréia sérica é caracterizada por ser o produto final do metabolismo de proteínas, a uréia tem sido utilizada como indicador da velocidade do catabolismo protéico, podendo estar associada com a magnitude da perda de massa muscular (MAGLISCHO, 2003; HARTMAN, MESTER, 2000).

**Tabela 9:** Valores referentes a uréia durante os momentos de coleta. Valores expressos em média e erro padrão

		n	Mom 1	Mom 2	Mom 3	Mom 4	Mom 5
Uréia (mg/dl)	Fem	6	29,41 ±1,76	33,50 ±4,36	36,01 ±3,49	30,50 ±1,57	27,93 ±2,78
	Masc	11	33,10 ±2,21	36,85 ±2,28	36,54 ±2,54	32,33 ±1,30	32,40 ±2,51
	Total	17	31,80 ±1,58	35,67 ±2,09	36,35 ±1,99	31,68 ±1,00	30,82 ±1,92

Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre os momentos onde  $p \leq 0,05$

Nos valores de Uréia, não foram observados diferenças significativas em nenhum dos momentos, em todos os grupos como também foi observado no estudo de Silva *et al* (2007) e de Halson *et al* (2002) com ciclistas, ao contrário do que foi observado por Hartmann, Mester (2000), onde se teve aumento da uréia sérica quando se tinha aumento da carga de treinamento. Geralmente, existe uma

tendência da uréia de ter alterações em resposta aguda ao treinamento, e não na avaliação crônica do treinamento. Além disso, a faixa de variação de concentrações de uréia em todas as fases de treinamento se mostrou dentro dos valores de referência (10-50mg/dL).

### **7.3.3 Respostas hematológicas**

Abaixo, segue as variáveis correspondentes as respostas hematológicas frente a temporada de treinamento realizada pelo atletas de natação.

#### **7.3.3.1 Eritrócitos, Hemoglobina, Hematócrito, VCM, HCM, CHCM, Ferro e Ferritina:**

A Tabela 10 demonstra valores da resposta hematológica frente a temporada de treinamento. A ingestão insuficiente de ferro por parte dos atletas pode prejudicar a capacidade de transporte do oxigênio, interferindo no treinamento esportivo e diminuindo, por sua vez, o desempenho atlético (THOMPSON, 1998).

Essa mesma tabela (tabela 10) nos demonstra que houve uma diminuição nos valores de eritrócitos entre os momentos 1 e 2, e aumento entre os momentos 2 e 5, com tendência a ir aumentando nos momentos 2, 3, 4 e 5. Em relação ao sexo masculino, houveram diferenças entre os momentos 2 e 3 e 2 e 5, representando aumento significativo. Todos os valores se encontram dentro dos parâmetros de referência (VERRASTRO, 2005). Em relação aos dados de hemoglobina, houve diminuição entre os momentos 1 e 2, e aumento nos momentos 1 e 2 ; e entre 1 e 3 nos homens. Nas mulheres, não houve diferenças significativas. Já com os valores de hematócritos houve aumento entre os momentos 2 e 3, e 2 e 5 nos homens.

**Tabela 10:** valores referentes a média  $\pm$  erro padrão de Eritrócitos, Hemoglobina, Hematócrito, VCM, HCM, CHCM, Ferro e Ferritina nos momentos de coleta:

		Momentos de Coleta					
		n	1	2	3	4	5
Eritrócitos (mi/mm <sup>3</sup> )	Fem	6	4,49 $\pm$ 0,07	4,29 $\pm$ 0,16	4,53 $\pm$ 0,19	4,54 $\pm$ 0,11	4,61 $\pm$ 0,14
	Masc	11	4,84 $\pm$ 0,06 <sup>ab</sup>	4,71 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	5,03 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>	4,81 $\pm$ 0,07 <sup>ab</sup>	5,07 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup>
	Total	17	4,71 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	4,56 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup>	4,86 $\pm$ 0,09 <sup>ab</sup>	4,71 $\pm$ 0,07 <sup>ab</sup>	4,91 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>
Hemoglobina (g/dl)	Fem	6	13,12 $\pm$ 0,31	12,62 $\pm$ 0,49	13,37 $\pm$ 0,58	13,48 $\pm$ 0,38	12,87 $\pm$ 0,63
	Masc	11	14,22 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>	13,84 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>	14,89 $\pm$ 0,18 <sup>b</sup>	14,26 $\pm$ 0,19 <sup>ab</sup>	14,56 $\pm$ 0,46 <sup>ab</sup>
	Total	17	13,83 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>	13,41 $\pm$ 0,24 <sup>b</sup>	14,35 $\pm$ 0,29 <sup>ab</sup>	13,99 $\pm$ 0,20 <sup>ab</sup>	13,96 $\pm$ 0,41 <sup>ab</sup>
Hematócrito (%)	Fem	6	39,62 $\pm$ 0,71	38,08 $\pm$ 1,33	40,00 $\pm$ 1,63	39,93 $\pm$ 1,02	40,80 $\pm$ 1,30
	Masc	11	42,31 $\pm$ 0,48 <sup>ab</sup>	41,42 $\pm$ 0,44 <sup>ab</sup>	44,16 $\pm$ 0,54 <sup>b</sup>	42,01 $\pm$ 0,49 <sup>ab</sup>	44,10 $\pm$ 0,62 <sup>b</sup>
	Total	17	41,29 $\pm$ 0,48	40,24 $\pm$ 0,66	42,69 $\pm$ 0,81	41,28 $\pm$ 0,52	42,94 $\pm$ 0,71
VCM (fl)	Fem	6	88,32 $\pm$ 1,28	88,90 $\pm$ 1,23	88,30 $\pm$ 1,18	88,08 $\pm$ 0,84	87,40 $\pm$ 1,97
	Masc	11	87,50 $\pm$ 0,51	88,02 $\pm$ 0,56	87,80 $\pm$ 0,57	87,47 $\pm$ 0,24	87,51 $\pm$ 0,49
	Total	17	87,79 $\pm$ 0,55	88,33 $\pm$ 0,55	87,98 $\pm$ 0,54	87,69 $\pm$ 0,33	87,47 $\pm$ 0,72
HCM (pg)	Fem	6	29,23 $\pm$ 0,51	29,44 $\pm$ 0,49	29,48 $\pm$ 0,46	29,72 $\pm$ 0,44	29,15 $\pm$ 0,83
	Masc	11	29,41 $\pm$ 0,28 <sup>ab</sup>	29,41 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>	29,61 $\pm$ 0,23 <sup>b</sup>	29,67 $\pm$ 0,05 <sup>ab</sup>	29,80 $\pm$ 0,17 <sup>ab</sup>
	Total	17	29,35 $\pm$ 0,25	29,42 $\pm$ 0,23	29,56 $\pm$ 0,21	29,69 $\pm$ 0,15	29,57 $\pm$ 0,31
CHCM (%)	Fem	6	33,09 $\pm$ 0,26 <sup>ab</sup>	33,11 $\pm$ 0,19 <sup>ab</sup>	33,38 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>	33,77 $\pm$ 0,20 <sup>b</sup>	33,35 $\pm$ 0,30 <sup>ab</sup>
	Masc	11	33,61 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>	33,41 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	33,75 $\pm$ 0,12 <sup>b</sup>	33,95 $\pm$ 0,06 <sup>b</sup>	34,05 $\pm$ 0,12 <sup>b</sup>
	Total	17	33,43 $\pm$ 0,15 <sup>ab</sup>	33,30 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>	33,61 $\pm$ 0,10 <sup>ab</sup>	33,88 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup>	33,81 $\pm$ 0,15 <sup>ab</sup>
Ferro Sérico (ug/dL)	Fem	6	98,60 $\pm$ 24,83	126,33 $\pm$ 11,92	102,85 $\pm$ 2,24	108,97 $\pm$ 7,38	90,48 $\pm$ 13,19
	Masc	11	80,89 $\pm$ 12,55 <sup>a</sup>	112,40 $\pm$ 6,92 <sup>b,c</sup>	126,06 $\pm$ 10,45 <sup>a,b</sup>	106,99 $\pm$ 3,08 <sup>a,b,c</sup>	114,03 $\pm$ 7,72 <sup>a,b,c</sup>
	Total	17	87,14 $\pm$ 11,67	117,90 $\pm$ 5,85	118,08 $\pm$ 7,21	107,69 $\pm$ 3,15	105,72 $\pm$ 7,16
Ferritina (ng/dL)	Fem	6	103,90 $\pm$ 35,10	73,20 $\pm$ 13,77	69,17 $\pm$ 12,43 <sup>a</sup>	113,40 $\pm$ 16,04 <sup>ab</sup>	74,05 $\pm$ 11,81 <sup>b</sup>
	Masc	11	112,17 $\pm$ 20,17	88,19 $\pm$ 9,58 <sup>a</sup>	73,12 $\pm$ 10,36 <sup>b</sup>	115,86 $\pm$ 9,65 <sup>ac</sup>	93,18 $\pm$ 11,62 <sup>a,b,c</sup>
	Total	17	109,25 $\pm$ 17,36	82,90 $\pm$ 7,83	71,72 $\pm$ 7,79 <sup>a</sup>	114,99 $\pm$ 8,13 <sup>b</sup>	86,43 $\pm$ 8,67 <sup>b,c</sup>

Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre os momentos onde  $p \leq 0,05$

Os valores de VCM (volume corpuscular médio) não apresentaram diferenças significativas, mas existiu uma tendência a diminuição pós polimentos, mas sem diferença estatística, quando comparado com momento 2. Observando os valores de HCM (hemoglobina corpuscular média), não houve alterações significativas entre os momentos dentro dos grupos, como observado no estudo de Mel'nikov, Kylosov, Vikulov (2007), mas houve uma tendência ao aumento em referência ao momento 1 (repouso) e todos os momentos de coleta. E com os valores de CHCM (concentração de hemoglobina corpuscular média) foram observados aumento entre momento 2 para 4 no grupo total, e no grupo dos



meninos, houveram aumentos significativos entre o momento 2 para com os momentos 3, 4 e 5. Resultados corroboram com estudo de Santhiago *et al* (2009), onde os valores de CHCM foram altos, onde após treinamento intenso obtêm esse aumento.

O Ferro (Fe) apresentou um aumento do momento 1 para o 2, e do 1 para o 3 com tendência a normalizar após o polimento (momento 4) e depois aumento com competição no grupo masculino e no grupo feminino e total, houve a mesma tendência, mas sem diferenças significativas. Já na Ferritina, podemos observar em nosso estudo que há um aumento entre o momento 3 e 4, e uma diminuição entre 4 e 5 após a competição) no grupo feminino e no grupo total. E podemos observar um tendência a normalizar os valores no momento 4, ou seja, após o polimento, esses valores tendem a voltar ao valores de repouso. e no grupo masculino, observado que o valores de ferritina diminui do momento 2 para 3 e aumento do momento 3 para 4, igual os outros 2 grupos, com a mesma normalização do momento 1 para 4, ou seja, sem diferenças significativas para esses momentos.

Todos os valores desse estudo se encontram dentro dos parâmetros de referência (VERRASTRO, 2005) e os valores de hemoglobinas e hematócritos, referente a média de idade, se encontram dentro dos valores de referencia (WELLS, SCHNEIDERMA-WALKER, PLYLEY, 2006).

Estudos com jogadores de futebol e levantadores de peso mostraram aumento de hematócritos durante períodos de treinamento intenso, como foi observado em nosso estudo. Esse aumento pode estar relacionado com a aceleração da eritropoese ou redução do volume plasmático (KILGORE *et al*, 2002; SILVA *et al*, 2008). Isso aconteceu em nosso estudo, se observarmos no período mais intenso de treinamento, observamos uma tendência a aumento, em relação ao período de repouso. Já em relação ao pós polimento, onde deve se estabelecer os parâmetros iniciais dos atletas, também foi observado em nosso estudo

Estudo de Mel'nikov, Kylosov, Vikulov (2007) com esquiadores, após 2 meses de treinamento intenso e moderado, observou aumento na concentração de eritrócitos e contagem total de células vermelhas, e uma diminuição na concentração de hematócritos. A contagem de plaquetas também foi aumentada. Essa diminuição dos níveis dos hematócritos pode ser causada pelo auto

hemodiluição induzida pelo exercício, onde a diluição do sangue é causada pela acumulação de água nos vasos. (Também foi observada diminuição nos níveis de CHCM, e sem alterações em HCM, VCM, e leucócitos).

Estudo de Kylosov *et al* (2009) com 26 esquiadores, foi observado os seguintes resultados: Hematócritos diminuíram durante o período de preparação seguida de uma diminuição dos níveis de células sanguíneas vermelhas porque não existiram diferenças no volume corpuscular médio. Essa diminuição pode ser explicada pela auto hemodiluição e predominância do volume de células vermelhas no plasma. Já durante o período de competição, foi encontrado um aumento nos níveis de hemoglobina e hematócrito, quando comparado com o período de preparação. Também houve aumento dos níveis de hemoglobina corpuscular média e de células vermelhas. Já no período competição, houve aumento de hematócritos, mas sem aumento de células vermelhas, e que pode ser atribuído ao aumento de volume corpuscular médio. Assim o aumento desses valores de VCM e da HCM, pode ser a chave das mudanças nos níveis de células vermelhas no sangue, onde poderia ser explicado pela destruição das células vermelhas e síntese de reticulócitos pela medula óssea. Ao contrário de VCM, que normalmente aumenta as células jovens, diminuindo durante o envelhecimento das células vermelhas. Em atletas com eritropoiese normal, um aumento do VCM e HCM acompanhada com diminuição da CHCM é causada pela liberação de jovens células vermelhas, com aumento do conteúdo da hemoglobina pela medula óssea e predominância dessas células na corrente sanguínea. No período de recuperação, os níveis de hematócritos e de células vermelhas diminuíram, que foi causado pela hemodiluição, que podem ser significativamente aumentada pela combinação do treinamento e aumento da temperatura ambiente. As alterações nos níveis de células brancas não foram significantes nesse estudo.

Um estudo com 12 nadadores de nível universitário (KIRWAN *et al*, 1988) em período de treinamento de 11 dias com aumento frequente da carga de treino, observaram que a concentração sérica dos níveis de hemoglobina e de hematócritos apresentaram diminuição significativa após o final desse período de treinamento. Isso pode ter acontecido em resposta aos sucessivos dias de treinamento intenso que secundariamente leva a liberação do sistema renina-

angiotensina, com subsequente retenção extracelular de sódio e então a expansão do volume do plasma.

Nos estudos de Heinicki *et al* (2001), nos diz que a aumento do volume plasmático com aumento das células sanguíneas são menos influenciados em atletas de natação do que outros esportes realizados em terra, pois essas variáveis e mais o aumento da hemoglobina em atletas de endurance, pode ser levado a 2 fatores: adaptações no plasma e no volume das células vermelhas induzidas pelo treinamento e por pré disposição genética, que no caso, pode ser devido a particularidades de características relacionadas ao sistema muscular (pré seleção genética). O que pode ter ocorrido em nossos atletas, pois os estudos anteriores não afirmam as situações encontradas em nosso estudo.

O aumento da atividade eritropoiética da medula óssea associada ao polimento pode comprometer o estado nutricional de ferro dos atletas. Um perfil de ferro indicativo de uma pré latente – latente deficiência de ferro é com contagem normal de células vermelhas e hemoglobina, mas baixa ferritina, nível de ferro e saturação de transferrina (MUJIKI *et al*, 2004) que tem sido relatada em corredores de meia-distância no final de seis dias de polimento. Isso, no entanto, não parecem afetar negativamente o desempenho dos atletas na competição (MUJIKI *et al*, 2002). Baixos valores de ferritina pós polimento foram relatados em corredores de cross-country masculinos de 3 semanas de polimento e em triatletas após 2 semanas de polimento, mas não em nadadores (Mujika *et al*, 1997), o que foi encontrado em nosso estudo, já que os valores de ferritina e ferro voltaram aos valores de início de treinamento.

As generalidades dos laboratórios referem como intervalo de referência para homens é de 30 a 160 ng/mL. Embora a ferritina seja um bom marcador dos depósitos de ferro (1 µg de ferritina pode estar em média ligados 8 mg de Fe), no entanto a sua avaliação carece de algumas cautelas já que pode aparecer aumentada em consequência de um processo inflamatório, nomeadamente o que pode decorrer do exercício (BRICOUT *et al.*, 2006).

A ferritina pode constituir um marcador da influência do treinamento sem que valores baixos possam significar uma carência em ferro. A explicação proposta para esta situação baseia-se na alteração da distribuição dos depósitos de Fe circulante (associado à ferritina) e do existente na medula óssea e

disponível no imediato para eritropoiese, para responder às necessidades do atleta (BRICOUT *et al.*, 2006).

Não possuindo os valores de outros indicadores relativos ao metabolismo do íon Fe, estes dados sugerem-nos a hipótese de que a baixa de Fe e Ferritina, poderá estar associada a um desvio deste íon para o conteúdo da hemoglobina e mioglobina, que por seu lado contribuem para um elevado desempenho em esforço aeróbio observado neste momento.

### 7.3.4 Resposta do Sistema Imunológico

#### 7.3.4.1 Leucócitos, Linfócitos e Neutrófilos

O intervalo de referência clínica para a contagem de Leucócitos no sangue periférico situa-se entre 4,5 e 10,5 x 10<sup>3</sup>.µL<sup>-1</sup>, sendo apontado em populações adultas saudáveis o valor médio de 7 x 10<sup>3</sup>.µL<sup>-1</sup>(AROSA *et al.*, 2007)

**Tabela 11:** Valores referentes os leucócitos, neutrófilos e linfócitos durante os momentos de coleta. Valores expressos em média e erro padrão

		n	Mom 1	Mom 2	Mom 3	Mom 4	Mom 5
Leucócitos (x 10 <sup>3</sup> .µL <sup>-1</sup> )	Fem	6	6,98±8,26	6,08±7,44	6,52±1,14	6,80±6,90	6,66±8,93
	Masc	11	7,00±6,67	5,89±3,52	7,05±4,86	7,20±3,36	6,99±2,40
	Total	17	6,99±5,05 <sup>a,b</sup>	5,96±3,34 <sup>a</sup>	6,86±4,94 <sup>a,b</sup>	7,06±3,17 <sup>b</sup>	6,87±3,36 <sup>a,b</sup>
Neutrófilos (x 10 <sup>3</sup> .µL <sup>-1</sup> )	Fem	6	4,60±6,75	3,29±4,84	3,53±6,44	2,49±7,42	3,24±8,52
	Masc	11	4,46±5,76	3,32±3,37	4,01±3,16	1,81±5,93	3,31±5,04
	Total	17	4,51±4,30 <sup>a</sup>	3,30±2,68 <sup>a</sup>	3,84±2,99 <sup>a,b</sup>	2,05±4,58 <sup>b</sup>	3,29 ±4,28 <sup>a,b</sup>
Linfócitos (x10 <sup>3</sup> .µL <sup>-1</sup> )	Fem	6	2,14±0,16	2,33±0,23	2,38±0,32	2,57±0,14	2,40±0,28
	Masc	11	2,28±0,16 <sup>a,b</sup>	2,12±0,12 <sup>a</sup>	2,31±0,20 <sup>a,b</sup>	2,61±0,07 <sup>b</sup>	2,28±0,10 <sup>a,b</sup>
	Total	17	2,23±0,11 <sup>a</sup>	2,19±0,11 <sup>a</sup>	2,34±0,16 <sup>a,b</sup>	2,60±0,06 <sup>b</sup>	2,33±0,11 <sup>a,b</sup>

Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre os momentos onde  $p \leq 0,05$

No atual estudo foi observado aumento de algumas variáveis imunológicas, tanto no número de leucócitos totais e linfócitos, quanto na queda do número de neutrófilos (Tabela 11), podendo-se observar que ocorreram modificações no sistema imunitário dos atletas em questão.

O valor médio registrado mantém-se dentro do intervalo de referência em todos os momentos para ambos os grupos nos leucócitos. O grupo feminino e o grupo masculino apesar de evidenciarem uma tendência de diminuição no

momento 2 e de um aumento no momento 4, não atingem diferença significativa em qualquer dos momentos quando considerados em seus respectivos grupos. Quando unidos em um só grupo há uma significância durante o período de polimento (momento 4) se comparado com o momento 2, após o primeiro período de treino. No estudo de Lancaster *et al* (2004), também foi observado esse aumento após um ciclo de treinamento intenso quando comparado com o início dos treinamentos.

Santhiago *et al* (2009), não encontraram diferenças no números de leucócitos após as 14 semanas de treinamento de natação, relatando que, o treinamento intenso e prolongado não alterou o sistema imunitário de seus atletas. Mujika e col (MUJIKA, CHATARD, GEYSSANT, 1996) e Rama (2010), também não detectaram em seus estudos com nadadores e remadores alteração do número de leucócitos em repouso apesar das mudanças da carga de treino durante o período regular de treino. Mackinnon (1997), também não encontrou alterações significativas no número de leucócitos durante os 6 meses de treino e competição em nadadores.

Como observado na Tabela 11, os níveis de neutrófilos apresentaram uma queda significativa entre os momentos 1 e 4, e entre os momentos 2 e 4. Em relação a estudos prévios, como o de Mel'nikov, Kylosov, Vikulov (2007) com jovens atletas, observou-se que, quando existe um aumento de intensidade nos exercícios, ocorre uma diminuição no número de neutrófilos em atletas (GLEESON *et al*, 1995, ROSA; VAISBERG, 2002). Em estudos de Gleeson (2000) e Lancaster *et al* (2004), apenas 3 semanas de treinamento intenso, foram suficientes para que os marcadores do sistema imunitário como os neutrófilos já mostraram uma redução significativa. Em nosso estudo, ocorreu um aumento da intensidade do exercício em relação ao momento 1 (repouso) e momento 2 (início de treinamento, com grande volume diário de treino), e do momento 3 (fase de acumulação, onde existe grande volume, mas pouca intensidade), para o momento 4 (fase de polimento, onde existe baixo volume, mas alta intensidade e frequência de treino), os resultados corroboram com estudos prévios

Nos estudos de Wilson, Kreider, Ratzlaff (1996) e Mujika *et al* (2000) realizados com nadadores e corredores de média distância (respectivamente), após período de polimento, não foi observado nenhuma alterações significativa nos níveis de neutrófilos, como também foi observado em nosso estudo.

Como observado nessa mesma tabela (Tabela 11), os valores de linfócitos aumentaram significativamente quando houve um aumento na intensidade do exercício (do momento 2 para 4, nos grupos masculino e total), ao contrário do que acontece com os neutrófilos.

Mel'niKov, Kylosov, Vikulov (2007) relataram em seu estudo que houve um aumento no número de linfócitos nos atletas, e também no estudo de Lancaster *et al* (2004), observaram um aumento dos linfócitos e leucócitos após 2 semanas de repouso em atletas ciclistas. A importância fisiológica dessa redução moderada do nível de neutrófilos e aumento da contagem de linfócitos no sangue permanece pouco compreendida, mas de acordo com Makarova, Loktev (1990), essas mudanças no percentual de linfócitos e neutrófilos são características de atletas que refletem uma resposta no aumento da ativação do sistema imune, que é caracterizada pela estimulação da proteção no nosso organismo. E, além disso, essa diminuição no número de neutrófilos, quando não afeta as funções imunológicas, o que aconteceu no nosso estudo pode facilitar a micro circulação nos vasos sanguíneos, pois com grande quantidade dessas células, elas podem aderir a superfície luminal dos vasos, induzindo a um aumento na resistência vascular, e diminuir completamente o fluxo local, levando a lesões isquêmicas nos tecidos (SUTTON, SCHMID-SCHONBEIN, 1995 *in* MIL'NIKOV e col, 2007).

No entanto ainda há divergências sobre essa variável. Em um estudo de Gleeson *et al* (1995) foi encontrado uma diminuição do número de linfócitos entre o início e o final de um treinamento a longo prazo (7 meses) em nadadores; Mackinnon (1997), também não encontrou alterações significativas no número de linfócitos durante os 6 meses de treino e competição em nadadores, o que não corroboram com nosso estudo.

Nos estudos de Santhiago *et al* (2009); Kylosov *et al* (2009) o número de leucócitos e linfócitos não sofreram alterações em nenhum momento de programa de treinamento, que no primeiro estudo, foram 14 semanas de um programa de treinamento, e no segundo estudo, um ciclo anual de treinamento.

Mujika e col (Mujika, Chatard, Geysant, 1996) analisaram a variação leucocitária em um grupo de 8 nadadores de elevado nível comparando os valores obtidos em uma temporada de treino e competição. Foram comparados os valores determinados em treino com os valores pré polimento e pós polimento. Durante o período regular de treino não foram registradas alterações significativas

nos leucócitos. No entanto no período de polimento foi encontrado um decréscimo significativo na percentagem de neutrófilos/granulócitos, e uma tendência de aumento dos linfócitos a qual se mostrou positivamente associada à redução do volume de treino. O valor da contagem de linfócitos nos atletas que mostraram maior progresso no desempenho mostrou-se superior aos que não revelaram uma progressão tão notória nos resultados em competição. Não foi possível estabelecer uma associação explicativa para a variação leucocitária através da variação de cortisol.

Mackinnon (1997), não encontrou alterações significativas no número de leucócitos e linfócitos durante os 6 meses de treino e competição em nadadores. No entanto, observou um aumento no número de neutrófilos, durante o período de polimento, nos atletas que apresentaram sintomas de sobre-treinamento.

### 7.3.4.2 Imunoglobulinas A (IgA)

**Tabela 12:** Valores referentes às imunoglobulinas A durante os momentos de coleta. Valores expressos em média e erro padrão

	n	Mom 1	Mom 2	Mom 3	Mom 4	Mom 5
IgA (mg/dl)	Fem 6	156,80 ±46,22	132,05 ±17,28	137,67 ±18,28	160,60 ±17,84	140,12 ±23,59
	Masc 11	202,94 ±21,01	199,41 ±20,12	221,53 ±19,42	190,74 ±13,42	225,25 ±11,76
	Total 17	186,65 ±21,08	175,64 ±16,17	191,93 ±17,02	180,10 ±10,99	195,20 ±14,86

Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre os momentos onde  $p \leq 0,05$ .

Quando comparado IgA de atletas e não atletas, a IgA é relativamente mais alta nos atletas. Gleeson *et al* (1995), relatou que seus nadadores tiveram baixos níveis de IgA sérico após longo treinamento. Explica que todos esses anos de treinamento podem levar a uma pequena supressão do sistema imunitário, mas é uma imunossupressão incerta, porque pode ser mediada a mudanças hormonais, associada com exercício exaustivo. Como no nosso estudo, Poortmans (1970) *in* Rosa, Vaisberg (2002) relata que, em atletas bem condicionados mesmo após exercícios de alta intensidade, não se encontram alterações nas IgA.

Kylosov *et al* (2009) encontraram diminuição na concentração de IgA nos atletas, entre os períodos de polimento e preparação. Os autores explicam esse fato pela auto hemodiluição durante o período de polimento, e que o SN

Simpático e sistema inflamatório contribuem para manutenção dos níveis normais em atletas.

### 7.3.4.3 Cortisol

É certo que a determinação da fração livre no plasma é muito difícil tecnicamente e financeiramente, sendo que normalmente é avaliado o cortisol plasmático total, em que a maior parte está ligado a *corticoesteróide binding globuline* (CBG) e à albumina (BRICOUT *et al.*, 2006).

**Tabela 13:** Valores referentes ao cortisol durante os momentos de coleta. Valores expressos em média e erro padrão

	n	Mom 1	Mom 2	Mom 3	Mom 4	Mom 5	
Cortisol (ug/dl)	Fem	6	11,10±1,78	10,57±0,66	9,60±1,29	8,86±1,40	9,53±1,76
	Masc	11	13,94±1,60 <sup>a</sup>	10,10±0,91 <sup>ab</sup>	7,86±0,85 <sup>b</sup>	9,03±0,41 <sup>ab</sup>	11,17±0,94 <sup>ab</sup>
	Total	17	12,94±1,23 <sup>a</sup>	10,27±0,62 <sup>ab</sup>	8,48±0,72 <sup>b</sup>	8,97 ±0,53 <sup>ab</sup>	10,59±0,86 <sup>ab</sup>

Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre os momentos onde  $p \leq 0,05$

O hormônio cortisol pode ser quantificado, pois também reflete diretamente o estresse causado por determinada atividade (HANEISHI *et al*, 2007), podendo até ser relacionado com a degradação de proteínas musculares em decorrência de inflamações (SPIRLIDIS *et al*, 2008), apesar de seu comportamento ser volátil de acordo com variações circadianas. Observando esse hormônio, com tantos outros, podemos relacionar o estresse de treinamento que acomete o atleta.

A concentração média de cortisol exibida pelo grupo de nadadores femininos não revelam uma variação significativa ao longo da temporada de treino, assim como também mostrado no estudo de Rama (2010). De acordo Bricout *et al.*, 2006, o treino mostra estar sendo bem tolerado quando os valores do cortisol em repouso são normais.

Quanto a amostra masculina, houveram alterações estatisticamente significativas em relação ao repouso e no momento 3, o qual coincide com a fase de acumulação, onde existe grande volume de treino. A mesma conclusão foi possível verificar num estudo com nadadores de diferentes níveis competitivos com 18 semanas de duração. Os valores mais baixos foram encontrados no início da temporada de treinamento, atingindo concentrações máximas próximo das competições preparatórias (BONIFAZI *et al.*, 2000).



Outro estudo com nadadores universitários ao longo da época encontrou valores mais baixos de cortisol em momentos associados ao decréscimo do volume de treinamento (MARESH *et al.*, 1994).

Costill e colaboradores (COSTILL *et al.*, 1991) ao compararem a resposta de cortisol plasmático em nadadores universitários organizados em dois grupos de treinamento submetidos a volumes diferentes (G1 e G2), constaram que houve um aumento de cortisol no grupo que realizou um treinamento com volume superior devido ao aumento da carga e mostrou-se significativo em comparação com o início do treinamento. Esse grupo também demonstrou um aumento comparado com o grupo que realizou um volume de treinamento inferior. No final do período de polimento ambos os grupos apresentaram níveis de cortisol semelhante e inferiores ao valor pré-temporada.

Embora a maior parte da literatura invoque um incremento da resposta do cortisol à intensificação do treino não existe unanimidade. Num estudo realizado com 9 nadadores de elite durante um período de 37 semanas e controlando o cortisol antes de 68 competições, não foram encontradas diferenças significativas na concentração de cortisol (CHATARD *et al.*, 2002b). Semelhante constatação foi feita após 4 semanas de intensificação da carga de treino com nadadores (MACKINNON *et al.*, 1997b)

Estudos afirmam que o exercício físico intenso induz a ativação de hormônios de estresse. Assim, treinamento intenso e prolongado pode estimular fortemente o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal exprimindo-se pelo aumento das concentrações de adrenocorticotrofina (ACTH) que estimula a liberação de cortisol (MURRAY, HACKNEY, 2000). A elevada concentração de cortisol (como propósito glicoregulador) devido a esse exercício físico intenso resulta na redução da síntese protéica e no aumento da degradação de proteínas (TAPERNING, WISWELL, 1996).

Assim quando o organismo vai se adaptando ao estresse induzido pelo exercício, vai tornando-o mais eficiente. Contudo, em situações de sobre-treinamento (*overtraining*) ou estresse inadequado, o excesso de cortisol devido ao estresse de elevado de treinamento, pode levar a situações de fadiga prolongada e por uma acentuada ação catabólica pode induzir uma perda de massa muscular que está normalmente relacionada com redução de performance.

Parece que uma alimentação rica em carboidratos tem efeito atenuador sobre a expressão plasmática de cortisol subsequente a um dado tipo de treinamento (TAPERNING, WISWELL, 1996).

## 8 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados e discussões apresentadas, puderam-se realizar as seguintes conclusões acerca da presente investigação:

- As características de composição corporal dos atletas em questão demonstraram estar de acordo com os parâmetros de referência publicados na literatura, e na altura, se encontraram até maiores.

- A temporada de treinamento se mostrou efetiva para o desenvolvimento de um melhor desempenho, pois os atletas nadaram mais rápido na mesma distância e com a mesma concentração de pico de lactato.

- No aspecto das respostas do sistema nervoso autônomo, observamos que houve aumento da ativação do sistema nervoso parassimpático, e diminuição do sistema nervoso simpático no período pré competitivo, demonstrando que ocorreu processo de adaptação do sistema nervoso autônomo ao treinamento realizado pelos atletas.

- Em relação aos biomarcadores musculares, houve maior liberação da LDH nos momentos de maior volume, e a CK obteve um processo de estabilização, onde não foram observadas diferenças significativas.

- A uréia não mostrou diferenças significativas em nenhum momento das coletas, fato que nos permite concluir que essa variável responde a intensidade de treinamento mas com remoção muito rápida pelo organismo.

- Nas respostas hematológicas, observamos que houve aumento das células de série vermelhas, e com aumento significativo do volume sanguíneo, imposto pela carga de treinamento.

- A resposta do sistema imunitário foi de aumento e de adaptação ao processo de treinamento. Em relação ao cortisol, como hormônio de estresse ao treinamento, ele não respondeu a intensidade proposta pelo treinamento, como em outros estudos.

Como um todo, as variáveis observadas responderam ao processo adaptativo que uma temporada de treinamento exerce que nos remete a entender que o atletas estavam em melhor desempenho, com sistema imunitário ativo, boa adaptabilidade do sistema nervoso autônomo, e com respostas hematológicas, condizentes com a temporada em que estavam.

Julga-se pertinente aumentar estudos, com outras modalidades, para aumentar o conhecimento do efeito da especificidade do programa de treinamento na resposta fisiológica, bioquímica e imunológica, e correlacionar algumas variáveis para se efetivar a resposta fisiológica ao treinamento.

## 9 REFERÊNCIAS

ACHARYA, U.R.; JOSEPH K.P.; KANNATHAL N.; LIM C.M.; SURI J.S. **Heart Rate variability: a review**. Med Bio Eng Comput. 44(12): 1003-51,2006.

ACHTEN, J., JEUKENDRUP, A. **Heart Rate Monitoring**. Sports Medicine, 33(7), 517-538, 2003.

ALONSO DO; FORJAZ CLM; REZENDE LO; BRAGA AMFW; BARRETO ACP; NEGRÃO CE; RONDON MUPB. **Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo**. Arq Bras Cardiol., v.71, n.6, p.787-792,1998.

AROSA, F., CARDOSO, E., PACHECO, F. Fundamentos de Imunologia: LIDEL,2007.

ATLAOUI D., PICHOT V., LACOSTE L., BARALE F., LACOUR J.R., CHATARD J.C. **Heart Rate variability, training variation and performance in elite swimmers**. Int J Sports Med 28: 394-400, 2007.

AUBERT AE; SEPS B; BECKERS F. **Heart rate variability in athletes**.Sports Med., v33, n12.p.889-913-2003.

BILCHICK, K.N.; BERGER, R.D. **Heart Rate Variability**. J Cardiovas Electrophysiol 17 (6) Jun, 2006.

BIOCLIN (Quibasa - Química Básica) **Manual de análises bioquímicas**, 2004.

BOMPA, T.O. **Periodização: teoria e metodologia do treinamento**. 4ª ed. São Paulo: Phorte, 2002.

BONIFAZI, M., SARDELLA, F., LUPO, C. **Preparatory versus main competitions: differences in performances, lactate responses and pre-competition plasma cortisol concentrations in elite male swimmers**. European Journal of Applied Physiology, 82(5-6), 368-373, 2000.

BORRESEN, J.; LAMBERT, ML. **Autonomic Control of heart rate during and after exercise**. Sports Med 38(9) 633-646, 2008

BRANCACCIO, P; MAFFULLI, N; LIMONGELLI, F.M. **Creatine kinase monitoring in sport medicine**. British Medical Bulletin, 81 e 82: 209-230, 2007.

BRICOUT, V.A.; DECHENAUD, S.; JUVIN, A.F. **Analysys of heart rate variability in young soccer players: the effects of sport activity**. Autonomic Neurocience. 154 (1): 112-116, Abril 2010.

BRICOUT, VA, GUINOT, M, DUCLOS, M, KOULMANN, N, SERRURIER, B, BRUN, JF, *et al*. **Position statement: contribution of the biologic analyses in the diagnosis of overtraining syndrome**. Science and Sports. 21(6), 319-350, 2006.

BRUNETTO, A.F., SILVA B.M., ROSEGUINI B.T., HIRAI D.M., GUEDES D.P. **Limiar Ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes.** Rev Bras Med Esporte 11(1) Jan/Fev, 2005

BUCHHEIT, M.; CHIVOT, A.; PAROUTY, J.; MERCIER, D; AI HADDAD, H.; LAURSEN, PB.; AHMAIDI, S. **Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function.** Eur J Appl Physiol 108: 1153-1167, 2010

BÜRGER-MENDONÇA, M. **Magnésio, sistema imune e exercício de ultra endurance.** Brazilian Journal of Biomotricity. v. 1, n. 1, p. 06-12, 2007.

BUTOVA O. A., MASALOV. S. V. **Lactate dehydrogenase activity as an index of muscle tissue metabolism in highly trained athletes.** Human Physiology , 35 (1), 2009.

CALLARD, D. et al. **Nycthemeral variations in core temperature and heart rate: continuous cycling exercise versus continuous rest.** International Journal of Sports Medicine; v.22, p.553-557, 2001.

CARNEIRO A.L.; LOPES, T.; MOREIRA A.L. **Mecanismos de adaptação do exercício físico.** Faculdade de Medicina da Universidade do Porto: Texto de Apoio, 2002.

CATAI A.M.; CHACON-MIKAHIL M.P.T.; MARTINELLI F.S.; FORTI V.A.M.; SILVA E; GOLFETTI R; MARTINS L.E.B.; SZRAJER J.S.; WANDERLEY J.S.; LIMA FILHO EC; MILAN L.A.; MARIN NETO J.A.; MACIEL B.C.; GALLO JR. L. **Effects of anaerobis exercise training on heart rate varibility during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men.** Braz J Med Res. v.35, n.6, p.741-752, 2002.

CHATARD J, ATLAOUI D, LAC G, DUCLOS M, HOOPER S, MACKINNON L. **Cortisol, DHEA, Performance and Training in Elite Swimmers.** International Journal of Sports Medicine, 23, 510-515, 2002b.

CLARKSON P.M, HUBAL M.J. **Exercise-Induce muscle damage in humans.** Am J Phys Rehabil 2002; 81: S52-S69.

COLLI, C.; MARI, E. T. L.; SARDINHA, F. A. A.. **Minerais e Atividade Física: Cálcio, Magnésio, Ferro, Zinco e Cobre.** In: TIRAPEGUI, J. **Nutrição, Metabolismo e Suplementação na Atividade Física.** São Paulo: Atheneu, 2005.

COSTILL, D.L., THOMAS, R.A.R. **Adaptations to swimming training: influence of training volume.** Medicine and Science in Sports and Exercise. v. 20, p. 249-254,1991.

DAVINI, R. et al. **Frequência Cardíaca de repouso e modulação parassimpática cardíaca em atletas idosos e idosos fisicamente ativos.** Rev.Cien. Medica. v.13,n.4,p.307-315, 2004.

DEKKERS J.C., DOORMER L.J.P., KEMPER H.C.G. **The Role of antioxidant vitamins and enzymes in the prevention of exercise-induced muscle damage.** Sports Med, 21: 213-238, 1996.

DRESSENDORFER RH, PETERSEN SR, LOVSHIN SE, KEEN CL. **Mineral metabolism in male cyclists during high-intensity endurance training.** Intern Journal of Spor Nutric and Exerc Metabolism. 12 (1), 2002.

ENISELER, N. **Heart rate and blood lactate concentrations as predictor of physiological load on elite soccer players during various soccer training activities.** Journal of Strength and Conditioning Research, v.19, n.4, p.799-804, 2005.

FOSCHINI D, PRESTES J, CHARRO M.A. **Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio.** Rev. Bras. de Cineantropom. Desempenho Hum. 9(1): 101-106, 2007

FOSS, M.L.; KETEVIAN, S.J. **Fox: Bases fisiológicas do exercício e do esporte.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 6 ed., 2000  
FRANCHINI E. **Teste anaeróbico de Wingate: conceitos e aplicação.** Rev. Mackenzie de Ed. Física e Esporte. v.1,n.1.p11-27, 2002.

GARET, M., TOURNAIRE, N., ROCHE, F., LAURENT, R., LACOUR, J. R., BARTHELEMY, J. C. **Individual interdependence between nocturnal ANS activity and performance in swimmers.** Med Sci in Sports Exer, 36(12), 2112-2118, 2004.

GARRY, J.P.; McSHANE, J.M. **Postcompetition elevation of muscle enzyme levels in professional football players.** Medscape General Medicine, v.2, n.1, 2000.

GLEESON, M. **Biochemical and immunological markers of overtraining.** Journal of Sports Science and Medicine. 1: 31-41, 2002.

GOMES, A. C. **Treinamento Desportivo: estruturação e periodização.** 1ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

GUYTON A.C., HALL J.E. **Tratado de fisiologia médica.** 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

HALSON S.L., BRIDGE M.W., MEEUSEN R., BUSSCHAERT B., GLEESON M., JONES D.A. **Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists.** J Appl Physiol. 32: 209-15 (2002).

HANEISHI, K. *et al.* **Cortisol and stress responses during a game and practice in female collegiate soccer players.** Journal of Strength and Conditioning Research, v.21, n.2, p.583-588, 2007.

HARTMANN, U., MESTER, J. **Training and OT markers in selected sport events.** Med. Sci. Sports. Exerc. Vol 32(1), p. 209-15. 2000

HAUNTALA, A.J.; MAKIKALLIO T.H.; KIVINIEMI, A.; LAUKKANEN, R.T.; NISSILA, S.; HUIKURI, H.V.; TULPPO M. P. **Heart rate dynamics after controlled training followed by a home-based exercise program.** Eur J Appl Physiol 96 (5): 535-542, 2004.

HEDELIN, R.; BJERLE, P; LARSEN – HENRIKSSON K., **Heart Rate Variability in athletes: relationship with central and peripheral performance.** Med Scie Spor Exercise. 33(8):1394-1398, August 2001.

HEINICKE, K., WOLFARTH B, WINCHENBACH P, BIERMANN B, SCHMID A, HUBER G, FRIEDMANN B, SCHMIDT W. **Blood Volume and Hemoglobin Mass in Elite Athletes of Different Disciplines.** Int J Sports Med; 22: 2001.

HEYWARD, V. H.; STOLARCZYK, L. M. **Avaliação da composição corporal aplicada.** São Paulo: Manole, 2000.

HOFFMAN, J., KANG, J., RATAMESS, N., NICHOLAS, A., FAIGENBAUM, A. **Biochemical and Hormonal Responses during an Intercollegiate Football Season.** Med Sci Sports Exer, 37(7), 1237-1241, 2005.

HOUSTON, M.F. **Bioquímica básica da ciência do exercício.** 1º Ed, São Paulo, Roca: 2001.

IELLAMO, F., LEGRAMANTE, J. M., PIGOZZI, F., SPATARO, A., NORBIATO, G., LUCINI, D., M et al. **Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes.** Circulation, 105(23), 2719-2724, 2002.

ISPIRLIDIS, I *et al.* **Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game.** Clinical Journal of Sports Medicine, v.18, n.5, p.423-431, 2008.

JACKSON, A. S., POLLOCK, M. L. **Generalized equations for predicting body density of men.** British Journal of Nutrition, 40, 497-504. (1978).

JACKSON, A. S., POLLOCK, M. L., WARD, A. **Generalized equations for predicting body density of women.** Medicine and Science in Sports and Exercise, 12, 175-182, 1980

JACOBS, I. **Blood lactate: implications for training and sports performance.** Sports Medicine, v.3, 1986.

KIRWAN J.P., COSTILL D.L., FLYNN, M.G., MITCHELL J.B., FINK W.J., NEUFER P.D., HOUMARD J.A. **Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers.** 20 (3). Medicine and Science in Sports and Exercise, June 1988.



KIVINIEMI A.M.; HAUNTALA, A.J.; MAKIKALLIO, T.H.; SEPPANEN, T.; HUIKURI, H.V.; TULPPO, M.P. **Cardiac vagal outflow after aerobic training by analysis of high frequency oscillation of the RR interval.** Eur J Appl Physiol (96) 6: 686-692, 2006.

KRAEMER W.J., RATAMESS N.A. **Hormonal Response and Adaptations to resistance exercise and training.** Sports Med; 35:339 – 361,2005.

KYLOSOV A.A., MEL`NIKOV A. A, MAL`TSEV A. YU., VIKULOV A.D., BORISOVA O.L. **Changes in inflammatory activity heart rate variability, and biochemical indices in young athletes during the annual training cycle.** Human Physiology, 35 (4),2009.

LA ROSA, A.F., FARTO, E.R. **Treinamento Desportivo. Do ortodoxo ao Contemporâneo.** Ed Phorte. São Paulo, 2007.

LANCASTER GI, HALSON SL, KHAN Q, DRYSDALE P, JEUKENDRUP AE, DRAYSON MT, GLEESON M. **The effects of acute exhaustive exercise and intensified training on type 1/type 2 T cell distribution and cytokine production in humans.** Exercise Immunological Rev 10: 91-106 (2004).

LATERZA M.C., AMARO G., NEGRÃO, C.E, RONDON, M.U.P.B. **Exercício físico regular e controle autonômico da hipertensão arterial.** Rev SOCERJ;21(5):320-32, 2008.

LAZARIM, F.L. *et al.* **The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship.** Journal of Science and Medicine in Sport, v.20, 2008.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica.** São Paulo: Sarvier, 4 ed., 2006.

LIEBER R.L., SHAH S., FRIDÉN J. **Cytoskeletal Disruption After Eccentric Contraction-Induced Muscle Injury.** CLIN ORTHOP 403: S90-S99, 2002.

LOPES, R.F. **Comportamento de alguns marcadores fisiológicos e bioquímicos de uma prova de triathlon olímpico.** Curitiba 2008. 118p. Dissertação. (Mestrado em Fisiologia da Performance). Universidade Federal do Paraná.

MACKINNON, L. **Immunity in Athletes.** International Journal of Sports Medicine, 18(Supl), s62-s68, 1997.

MAGLISCHO, EW. **Nadando Ainda Mais Rápido.** São Paulo: MANOLE, 2003

MAKAROV GA, LOKTEV SA. **Blood pattern and functional state of athletes.** Krasnodar, 1990.

MARÃES V.R.F.S., TEIXEIRA, L.C.A; CATAI, A. M.; MILAN, L. A; ROJAS, F. A. R; OLIVEIRA, L.; GALLO J,L; SILVA E. **Determinação e validação do limiar de**

**anaerobiose a partir dos métodos de análise da frequência cardíaca e de sua variabilidade.** Rev. Soc. Cardiologia do Estado de São Paulo, Supl A. v.13, n.4, p. 1-15, Jul/ago. 2003.

MARESH, C. M., ARMSTRONG, L. E., BERGERON, M. F., GABAREE, C. L., HOFFMAN, J.R., HANNON, D. R., et al. **Plasma Cortisol and Testosterone Responses During a Collegiate Swim Season.** Jour of Streng Conditioning Resear, 8(1), 1-4, 1994.

MARTIN BR, DAVIS S, CAMPBELL WW, WEAVER CM. Exercise and calcium supplementation: effects on calcium homeostasis in sportswomen. Med Sci Spor Exercise, 39(9), 2007.

MARTIN BR, DAVIS S, CAMPBELL WW, WEAVER CM. **Exercise and calcium supplementation: effects on calcium homeostasis in sports women.** Med Sci Sports and Exerc. 39(9): 1481-1486, 2007.

McARDLE, W.; KATCH, F.; KATCH, F. **Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 5 ed., 2003.

MEL'NIKOV, AA; KYLOSOV, AA; VIKULOV, AD. **Relationship of inflammatory activity with biochemical parameters of the blood and sympathovagal balance of young athletes.** Human Physiology, vol 33, nun 5, pp 624-631, 2007.

MESSONNIER, L., ARANDA-BERTHOUE, S., BOURDIN, M., BREDEL, Y., LACOUR, J. R. **Rowing Performance and Estimate Training Load.** Int J. Sports Med, 26, 376-382.,2005.

MOUGIOS, V. **Reference intervals for serum creatine kinase in athletes.** British Journal of Sports Medicine. 41: 674-678, 2007.

MOUROT, L.; BOUHADDI, M.; PERREY, S.; CAPELLE, S.; HENRIET, MT.; WOLF, JP.; ROUILLON, JD.; REGNARD J. **Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincaré plot analysis.** Clin Physiol Func Imaging 24 (1):10-18, 2004.

MUJIKA I, GOYA A, RUIZ E, *et al.* **Physiological and performance responses to a 6-days taper in middle-runners: influence of training frequency.** Int J Sports Med 23 :367-373, 2002.

MUJIKA I, PADILLA S, PYNE D, BUSSO T. **Physiological changes associated with the pre-event taper in athletes.** Sports Med 34 (13) 891-922, 2004.

MUJIKA, I., CHATARD, JC, PADILLA, S, GUEZENNEC, Y, GEYSSANT, A. **Hormonal responses to training and its tapering off of competitive swimmers: relationships with performance.** European Journal of Applied Physiology, 74, 361-366, 1996.

MURRAY RG, HACKNEY AC. **Exercise and Sport**. Philadelphia: Lippincott, Williams, Wilkins, 2000.

MUTH,N.D. **Hiponatremia: Other side of hydration story: Should you drink as much as you can tolerate when exercising? Or is this time-honored advice all wet?** IDEA Fitness Journal. 2005.

MYSLIVECEK PR, BROWN CA, WOLFE LA. **Effects of physical conditioning on cardiac autonomic function in healthy middle- aged women**. Can J Appl Physiol 27:1-18 , 2002.

NAKAMURA Y, YAMAMOTO Y, MURAOKA I. **Autonomic control of heart rate during physical exercise and fractal dimension of heart rate variability**. J Appl Physiol Respi Environ Exerc Physiol 74: 875-881 (1993)

NAVARRO, F. V. **La Resistência**. , Madrid, Ed. Gymnos, 1998.

NOVAIS L.D.,SAKABE, D.I, TAKAHASHI, A.C.M, GONGORA, H., TACIRO, C.,MARTINS, L. E. B.,OLIVEIRA, L., SILVA, E.,GALLO JR., L.CATAI, A. M. **Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca em repouso de homens saudáveis sedentários e de hipertensos e coronariopatas em treinamento físico**, Rev. Bras. De Fisioterapia, v.8, n.3, p.207-213, 2004.

PASCHOAL M.A. *et al.* **Controle autonômica cardíaco durante a execução de atividade física dinâmica de baixa intensidade**. Rev.Soc. Cardiologia de São Paulo, Supl.A, v.13, n.5, p.1-11, set/out, 2003.

PEDERSEN BK, HOFFMAN-GOETZ L. **Exercise and the immune system: regulation, integration and adaption**. Physiological Reviews 80: 1055–1081, 2000.

PICHOT, V.; ROCHE, F.; GASPOZ J.M.; ENJOLRAZ, F.; ANTONIADIS, A.; MININI, P.; COSTES, F.; BUSSO, T; LACOUR, J.R.; BARTHELEMY J.C. **Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners**. Medicine and Science in Sports e Exercise. 32(10):1729-1736, 2000.

PLATONOV, V.N., FESSENKO, S.L. **Sistema de Treinamento dos melhores nadadores do mundo**. vol 1., Ed. Sprint, 2003.

POTTEIGER, J. A.; WEBER, S. F. **Rating of perceived exertion and heart rate as indicators of exercise intensity in different environmental temperatures**. Medicine and Science in Sports and Exercise, 26: 791-796, 1994.

POWERS S.K., HOWLEY E.T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 3ed. Barueri: Manole, 2000.

PRASARTWUTH O, ALLEN T.J., BUTLER J.E., GANDEVIA S.C. **Length-dependent changes in voluntary activation, maximum voluntary torque and twitch responses after eccentric damage in humans**. J Physiol. 571: 243-252. 2006.

PRESTES J, LEITE R.D, LEITE, G.S., DONATTO F.F., URTADO C.B, NETO, J.B., DOURADO A.C. **Características antropométricas de jovens nadadores brasileiros do sexo masculino e feminino em diferentes categorias competitivas.** Rev Bras Cinean Des Humano, 8(4), 2006

PURGE, P.; JURIMAE, J.; JURIMAE, T. **Hormonal and psychological adaptation in elite male rowers during prolonged training.** Journal of Sports Sciences, 24 (10), p. 1075-1082, 2006.

RAMA, L.M.P.L. **Variação de parâmetros fisiológicos, bioquímicos, hormonais e imunitários em nadadores e remadores em uma época desportiva.** [Tese de Doutorado] – Universidade de Coimbra, 2010.

RIBEIRO J.P., FILHO R.S.M. **Variabilidade da frequência cardíaca como instrumento de investigação do sistema nervoso autônomo.** Rev. Bras Hipertensão. 12, (1) 14-20, 2005.

ROSA L.F.C, VAISBERG M.W. **Influência do exercício na resposta imune.** Rev Bras Med Esporte 8:167-72, 2002.

SACHER R.A., MCPHERSON R.A., **Widmann: interpretação clínica dos exames laboratoriais.** 11ª Ed, São Paulo: Manole, p 533-561, 2002.

SANCHES P.C.R., MOFFA P.J. **Atividade elétrica normal do coração. Eletrocardiograma normal e patológico.** 7ed. São Paulo: Roca, 2001, c.2, p.27-53.

SANTHIAGO S, SILVA A.S.R., PAPOTI M., GOBATTO C.A. **Responses of hematological parameters and aerobic performance of elite men and women swimmers during a 14 week training program.** Jour Streng Condit Reserc. 23(4), 2009.

SCHULENBURG H, KURZ L.C., EWBANK, J.J. **Evolution of the innate immune system: the worm perspective.** 198 (1), 2004.

SHASKEY, D.J.; GREEN, G.A. **Sports haematology.** Sports Medicine, v.29., n.1, p.27-38, 2000.

SILVA A.S., AZEVEDO, W.K.C. **Comportamento glicêmico em treinamentos de natação com caráter aeróbico e anaeróbico.** Rev. Ed. Física.137, Junho 2007.

SILVA A.S.R., SANTHIAGO V., PAPOTI M., GOBATTO C.A. **Hematological parameters and anaerobic threshold in Brazilian soccer players throughout a training program.** Int J Lab Hematol 30: 158-166, 2008.

SIRI, W.E. **Body composition from fluid space and density.** In J. Brozek, A. Hanschel. Techniques for measuring body composition. Washington, DC: National Academy of Science, 1961.

STEWART, A. M.; HOPKINS, W. G. **Seasonal training and performance of competitive swimmers.** Journal of Sports Sciences, 18 (11): 873-884, 2000.

SUTTON D, SCHMID-SCHONBEIN G. **Evaluation of microvascular perfusion: the contribution of different blood cells, in Leukocytes and Endothelial interactions.** Barcelona: Prous Science (1995).  
**syndrome.** Eur J sport Sci, v.6, n.1, p. 1-14, 2006.

TAPERINING KW, WISSEL RA. **Modification in glucose, insulin, and cortisol response during weight training exercise in young and older men.** Med Scie Sports and Exer. 28 (5), 1996.

TASK FORCE OF EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. **Heart Rate variability. Standarts of measurement, physiological interpretation, and clinical use.** Eur. Heart. J. v. 17, p. 354-381, 1996.

THOMAS, J.R.; NELSON, J.K.; SILVERMAN, S.J. **Métodos de pesquisa em atividade física.** 5. ed. Porto Alegre,RS: Artmed, 2007.

THOMPSON, J. L. **Energy balance in young athletes.** J. Sports Nutrition, 8:160-174, 1998.

TOTSUKA M, NAKAJI S, SUZUKI K, SUGAWARA K, SATO K. **Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise.** J Appl Physiol 93: 1280-1286 (2002).

URHAUSEN A, KINDERMANN W. **Diagnosis of overtraining, what tools do we have?** Sports Medicine: 32, 95-102. 2002.

URHAUSEN, A. **Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining**

VANDERLEY, LCM.; PASTRE, CM.; HOSHI RA.; CARVALHO TD.; GODOY MF. **Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica.** Rev Bras Cir Cardiovascular 24(2): 205-217, 2009.

VERRASTRO, T. **Hematologia e hemoterapia.** São Paulo: Editora Atheneu, 2005.

VIRU, A, VIRU M. **Biochemical Monitoring of Sport training.** Human Kinetics. 2001.

WARBURTON, D.E.R. *et al.* **Biochemical changes as a result of prolonged strenuous exercise.** Br. J. Sports Med. Vol: 36; p. 301-303. 2002

WELLS GD, SCHNEIDERMAN-WALKER J, PLYLEY M. **Normal Physiological Characteristics of elite swimmers.** Pediatric Exercise Science. 2006 17:30-52.

WELSH R.C, WARBURTON D.E.R, HAYKOWSKY M.J, TAYLOR D.A, HUMEN D. P. **Hematological and biochemical response to a half Ironman triathlon.** Med Sci Sports Exerc. v. 31, n. 5, p. S 140, 1999.

WESTGARD J.O, BARRY, P.L., HUNT, M.R., GROTH T. **A multi-rule Shewhart chart quality control in clinical chemistry.** Clin Chem, 27:1981.

WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. **Fisiologia do esporte e do exercício.** São Paulo: Manole, 2001.

WILSON M, KREIDER R, RATZLAFF R, et al. **Effects of a 3-week taper period following 22-weeks of intercollegiate swim training on fasting immune status.** Proceedings of the Overtraining and Overreaching in Sport International Conference; 1996 Jul 14-17, Memphis, 73

YAMAMOTO Y, HUGHSON RL. **Coarsegraining spectral analysis: new method for studying heart rate variability.** J App; Physiol 71: 1143-1140; 1991.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

*Por favor, leia com atenção as informações contidas abaixo antes de dar o seu consentimento para participar desse estudo.*

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você, atleta de natação vinculado ao Clube Curitibano, está sendo convidado a participar de um estudo intitulado “**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DURANTE UMA TEMPORADA DE TREINAMENTO JOVENS NADADORES**”. É através das pesquisas clínicas que ocorrem os avanços importantes em todas as áreas, e sua participação é fundamental.

a) O objetivo desta pesquisa é de verificar alguns efeitos fisiológicos, bioquímicos e de desempenho de nadadores quando submetidos a uma temporada de treinamento. Em outras palavras, esse estudo busca verificar o que uma temporada de treinamento pode modificar no seu organismo.

b) Caso você participe da pesquisa, inicialmente será realizada uma avaliação antropométrica. Na avaliação antropométrica, serão avaliados o seu peso e estatura, além de 7 dobras cutâneas para a verificação do seu percentual de gordura. Após essa avaliação, você irá responder a um questionário sobre “Recordatório Alimentar”, que serve para você nos informar o que você comeu nos últimos 3 dias antes da avaliação. Depois, você irá colocar uma cinta cardíaca para que sejam avaliados seus batimentos cardíacos durante 15 minutos, e você ficará deitado por esse período. Logo após, será realizada a coleta de sangue. As coletas de sangue serão realizadas por um bioquímico com experiência de no mínimo cinco anos em coletas de sangue em atletas, sendo que serão respeitados todos os princípios de higiene e limpeza, sendo utilizados apenas equipamentos descartáveis, tais como luvas, agulhas, seringas, etc. Para as coletas de sangue, seu braço será higienizado com álcool 70% e depois será perfurado por uma agulha que retirará 5 ml de sangue intravenoso. Esse sangue será colocado em um tubo específico e armazenado de maneira adequada até ser levado ao laboratório que fará as análises. Após as análises, o laboratório irá realizar o descarte de seu sangue em lixo hospitalar, não o utilizando para outros fins. Após as coletas de sangue, você irá realizar um teste de esforço máximo na piscina. Nesse teste, após um período de aquecimento, você irá realizar 10 repetições de 100 metros, sendo, 3x 100m em zona de treinamento A1, 3x100m em zona de treinamento A2, 3x100m em zona de treinamento A3 e uma repetição de 100m em seu esforço máximo (An). A cada repetição de 100 metros, serão realizadas coletas de sangue de 25 µL da sua polpa



digital por meio de um lancetador, e colocados em tubos próprios para armazenamento e depois análises das mesmas. Todas essas avaliações serão repetidas a cada 30 dias ou seja, antes do início da nova fase de treinamento, até 1 dia após a sua competição principal ( campeonato brasileiro).

c) Como em qualquer tratamento, você poderá experimentar algum tipo de desconforto, principalmente relacionado a dor muscular localizada ou à perfuração do braço para as coletas de sangue. No entanto, esses desconfortos não duram por muito tempo, desaparecendo após poucos minutos da realização das coletas.

d) Os riscos que envolvem o seu tratamento são: fadiga em decorrência do testes de piscina ou do próprio treinamento; dor muscular tardia pela intensidade de esforço nas atividades; tonturas; rápido ou baixo ritmo cardíaco; leve incômodo no braço em decorrência das coletas de sangue intravenosas. Caso você sinta algum desses problemas durante as etapas de coleta, você deverá informar imediatamente algum membro da comissão avaliadora, que a atenção imediata será prestada pelo médico Jorge Eduardo Albino (CRM 17142/PR). Esse profissional possui habilidade em situações emergenciais e nas técnicas de ressucitações com ou sem a utilização do desfibrilador. Para garantir a sua segurança, caso seja necessário um transporte de urgência, será acionado os serviços da ECO SALVA (41 3242-1212).

e) Para tanto você deverá comparecer na piscina do Clube Curitibano (Bairro Água Verde), sempre uma hora antes do início do seu treinamento, para a realização das avaliações antropométricas, de variabilidade da frequência cardíaca de coleta de sangue por aproximadamente uma hora. Além disso, você irá participar de um teste de esforço, de 10 repetições de 100 metros na piscina do próprio clube.

f) Contudo os benefícios esperados são: verificar a sua condição física atual, utilizar os resultados das coletas para auxiliar nos seus treinamentos, verificar o que ocorre no seu organismo quando você realiza uma temporada de treinamento.

g) Os pesquisadores, Prof. Dr. Raul Osiecki, professor adjunto do Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná, e sua aluna mestranda Paula Tamburi Borges são os responsáveis pelas suas avaliações e poderão esclarecer eventuais dúvidas a respeito desta pesquisa. Eles poderão ser encontrados pessoalmente de segunda à sexta-feira das 8:00 às 18:00h no Centro de Estudos da Performance Física, Departamento de Educação Física da UFPR, Rua Coração de Maria, 92, BR 116, km 95, Jardim Botânico, ou nos telefones 9601-2187 (Raul) ou 9652-1091 (Paula), além de contatos via e-mail para: [raulk@ufpr.br](mailto:raulk@ufpr.br) (Raul) e [paulatb@hotmail.com](mailto:paulatb@hotmail.com) (Paula).

h) Estão garantidas todas as informações que você queira, antes durante e depois do estudo.

i) A sua participação neste estudo é voluntária. Contudo, se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá solicitar de volta o termo de consentimento livre esclarecido assinado.

j) As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos médicos que executam a pesquisa e pelas autoridades legais. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a **confidencialidade** seja mantida.

k) Todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa (exames, medicamentos etc.) não são da sua responsabilidade.

l) Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro.

m) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.

Eu, \_\_\_\_\_ li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual fui convidado a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação no estudo a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem que esta decisão afete meu tratamento. Eu entendi o que não posso fazer durante o tratamento e sei que qualquer problema relacionado ao tratamento será tratado sem custos para mim.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

---

Assinatura do Avaliado e/ou Responsável Legal

RG: \_\_\_\_\_

---

Assinatura do Pesquisador Responsável

Ft. Msd. Paula Tamburi Borges (CREFITO8 -102546-F )

RG: 8.079.851-2

Curitiba, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2010.

### **Anexo 3**

- 1) Não ingerir uma refeição principal 1 hora antes das avaliações
- 2) Não ingerir alimentos, mastigar chicletes ou balas no período de 30-45 minutos que antecedem a avaliação
- 3) Não escovar os dentes com pasta 2 horas antes das coletas, sendo apenas permitido bochechar a boca com água 10 minutos antes da coleta.
- 4) Não ingerir alimentos ou bebidas que contenham cafeína, 1 hora antes das avaliações (refrigerante, chás, café, etc)
- 5) Não fazer nenhuma atividade física 24h antes do dia das avaliações.

**Anexo 2**

**REGISTRO ALIMENTAR DE 24H**

NOME: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

SEXO: \_\_\_\_\_ DATA DE NASCIMENTO: \_\_\_\_\_

DATA DA COLETA:

DIA DA SEMANA:

- Anote todos os alimentos, bebidas e suplementos consumidos nas ultimas 24h;
- Registre o horário e a quantidade ingerida (unidade, 1 prato cheio, 1 colher de sopa, 1 copo,.....);
- Não esqueça de anotar a presença de molho nas preparações ou se você utilizou algum tempero (azeite, molho branco, molho rose, maionese,.....);
- No caso dos suplementos, anotar a marca e a quantidade utilizada;
- Os produtos industrializados, especificar a marca (1 barrinha Nutry de Castanha, 1 garrafinha de Gatorade Limão, ...);
- Favor preencher o recordatório de 3 dias anteriores, contando de hoje.

NOME: \_\_\_\_\_

DATA DA COLETA:14/12

DIA DA SEMANA: SEGUNDA-FEIRA

LOCAL / HORARIO	ALIMENTOS E/OU PREPARAÇÕES	QUANTIDADES

--	--	--