

**PROCOLOS DE TREINAMENTO AERÓBIO INTERVALADO E DA
PERIODIZAÇÃO PARA NATAÇÃO COM RATOS**

JULIO WILSON DOS SANTOS

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências da Motricidade (Área de Motricidade Humana).

RIO CLARO
Estado de São Paulo-Brasil
Novembro – 2004

DEDICATÓRIA

À mãe Maria Elena, que sempre me incentivou e deu oportunidade para eu fazer o que sempre quis.

Ao pai Wilson, in memoriam, por ter deixado comigo a alegria de saber viver.

A esposa Edna por saber esperar e suportar todas as dificuldades, a ausência e principalmente por me amar.

Aos filhos Hiago e Juliana, pelo tempo que precisei ficar ausente, mas de quem nunca me esqueci.

Ao irmão Neco, Claudia e os sobrinhos.

À vó Vitalina, quem ajudou a me criar.

Ao Nadir por saber ocupar um lugar em nossa família.

A todos da Família Pedroso da Silva, pela nossa união, convivência e amizade.

Aos parentes mais “distantes”, que sempre estão perto de mim.

A Deus, por nunca nos abandonar.

Tudo na vida tem um significado.

Vocês são minha razão de viver e de estar aqui.

Essa conquista é de todos nós.

Ninguém consegue nada sozinho, ninguém é alguém sozinho.

AGRADECIMENTOS

A profa. Maria Alice, pela sua compreensão e dinamismo em orientar.

Ao professor Claudio Gobatto (o amigo Claudião) que sempre esta quando precisamos.

A professora Eliete, pela ajuda desde o início dessa caminhada.

Aos professores Angelina, Eduardo Kokubun, Gobbi, Zé Roberto, pela grande amizade.

À professora Lilian pelo auxílio e orientação como coordenadora da pós.

Aos amigos de República, Tito, Marcelo Papoti Alessandro Tam.

Às pessoas que nessa reta final me ouviram, Clínica Verus (Lê, Rose, Helena, Fabi) e Integração (Thaís e Naiara).

Às estagiárias do Laboratório de Biodinâmica.

Aos irmãos e companheiros de orientação (Amanda, Camilinha, Chicão, Fabrício, Priscila, Tito).

Aos técnicos de laboratório (Beto, China “mané”).

A “tia” Clarice, por segurar as barras do laboratório.

Aos amigos da “pós” (Marcel, Didi, Marcinha, Fúlvia, Paula, Alexandre, Rozinildo, Fabio Kokinho, Juliana JUP, Kiki, Flávia, Paulão) os casais (Anderson e Paula, Luís Guilherme e Alciane, Gleber e Camila Moraes).

Aos funcionários da seção de pós-graduação e da biblioteca do IB, pela amizade, competência e exemplo que são como funcionários públicos.

À dona Tereza, Sr Jorge e Marcos, pela amizade e moradia.

Aos vizinhos pela força e amizade (Dona Vilma e seu Arquimedes; Luís, Má, seus filhos e as outras crianças do quarteirão).

Aos colegas professores da FAFIB-Bebedouro e UFSCar por onde passei.

Especialmente, aos professores e amigos da FFCL de SJ Rio Pardo e UNIP onde ainda me encontro.

Aos que por acaso não citei, mas nunca esquecerei....

RESUMO

Este trabalho teve como objetivos: 1- adaptar para ratos dois modelos de treinamento intervalado, realizados no treinamento com humanos; 2- padronizar uma periodização do treinamento aeróbio para natação com ratos; 3- comparar os efeitos desses protocolos com o treinamento contínuo. Foram avaliados em ratos Wistar, adultos (70-120 dias), o limiar anaeróbio de lactato (LAN); a concentração de lactato sangüíneo (CLS) relativa à carga de 5% mc, durante o teste do LAN; o glicogênio muscular e hepático; o metabolismo glicídico *in vitro*, em fatias isoladas de músculo sóleo incubadas em presença de insulina (100 μ U/100mL), medindo-se a captação de glicose pela [³H] 2-deoxyglicose (2-DG = 0,5 μ Ci·mL), a síntese de glicogênio, produção de lactato e oxidação de glicose com glicose (5,5 mM) contendo [U-¹⁴C] glicose (0,25 μ Ci·mL⁻¹), expressos em μ mol·g⁻¹·h⁻¹. A análise estatística empregada foi Anova, *one-way*, p<0,05. Em um experimento, quatro grupos de animais foram estudados: sedentário (SED); contínuo, que realizou treinamento contínuo com sobrecarga de 5% da massa corporal (mc), (TC5); Intervalado 7,5, treinamento intervalado com 7,5% mc, relação esforço:pausa de 4 min:1min30s (TI7,5); Intervalado 10, treinamento intervalado com 10% mc, com relação esforço:pausa de 30s:30s (TI10). Os animais treinados realizaram exercício 60min/dia. Em outro experimento, além de um grupo SED foram formados dois grupos: treinamento contínuo (TC5) e treinamento periodizado (período preparatório básico, específico e polimento), com alternância de volume-intensidade e dos estímulos aeróbios e anaeróbios (TP). Após um período de 3-4 semanas de adaptação, em ambos os estudos, os grupos treinados mantiveram freqüência de 5 dias/semana por 5 semanas. Em cada estudo a sobrecarga de

treinamento foi quantificada (% mc · tempo de exercício na sessão de treinamento) e a sobrecarga total de trabalho equiparada entre os grupos. No primeiro experimento não houve diferença significativa no LAN entre os grupos e apenas o TC5 apresentou menor concentração de lactato sanguíneo relativa 5%mc do que o SED (TC5 = -21,8; TI7,5 e TI10 = -12,7%). Somente os animais do grupo TI7,5 apresentaram maiores valores na síntese de glicogênio (27,3%), do que o SED, maior produção de lactato (70,9%) do que o TC5. No segundo experimento os animais TC5 e TP apresentaram LAN significativamente superior ao SED (133 e 204%, respectivamente) e o TP superior ao TC5 (30,1%). A CLS relativa a 5% mc nos grupos TC5 e TP foi significativamente inferior aos SED (TC5= -33,9 e TP= -30,6%). Os animais do grupo TP apresentaram maiores valores na captação de glicose (59,2%) com relação ao SED e na síntese de glicogênio e oxidação de glicose com relação aos animais SED (51,3 e 146,7%) e com relação ao TC5 (22,4 e 172,7%), respectivamente. O grupo TC5 apresentou valores superiores na síntese de glicogênio com relação aos animais do grupo SED (23,5%). Glicogênio muscular e hepático não diferiram entre os grupos, nos dois experimentos. O TC5 leva à redução da CLS em carga submáxima (5% mc). O TI7,5 é um bom estímulo para a via anaeróbia, além da aeróbia. Os resultados do TP demonstram que a organização do treinamento através da periodização foi o protocolo mais eficiente em todos os parâmetros avaliados. Além do TC5, já empregado em outros estudos, os protocolos de treinamento TI7,5, TI10 e principalmente o TP, padronizados nesse estudo, abrem novos caminhos para o estudo do treinamento físico de natação com ratos. Isso comprova que é possível adaptar os métodos de treinamento realizados com humanos e estudá-los através do exercício de natação com ratos.

LISTA DE ABREVIATURAS

VO_{2max}	Consumo máximo de oxigênio
LAN	Limiar Anaeróbio determinado pelo lactato sanguíneo
LAN _v	Limiar Anaeróbio determinado pela ventilação
%FC _{max}	Percentual da frequência cardíaca máxima
% mc	Percentual da massa corporal
TC5	Treinamento contínuo, realizado com 5% da massa corporal
TII	Treinamento intervalado intensivo
TI	Treinamento intervalado
EMEL	Estado de máximo equilíbrio de lactato
TC	Treinamento contínuo
TII	Treinamento intervalado intensivo
TIE	Treinamento intervalado extensivo
T _{lim}	Tempo limite até a exaustão
vVO _{2max}	Velocidade relativa ao VO _{2max}
ATP	Trifosfato de Adenosina
CP	fosforocreatina
COA	Coenzima-A
LAN _g	Limiar anaeróbio glicêmico
IAT	Limiar anaeróbio individual
T30	Teste onde deve-se percorrer maior distância em 30 minutos
V _m	Velocidade média
V _f	Velocidade final
MC	Massa corporal
I	Idade
S	Sexo
T	Tempo
FC	Frequência cardíaca
P _{crit}	Potência crítica

V_{crit}	Velocidade crítica
CTA	Capacidade de trabalho anaeróbio
LAN_{fc}	Limiar anaeróbio determinado pela frequência cardíaca
EM	Economia de movimento
UNESP	Universidade Estadual Paulista
FEF-USP	Faculdade de educação física da Universidade de São Paulo
UFSCar	Universidade federal de São Carlos
UNICAMP	Universidade estadual de Campinas
UERJ	Universidade estadual do Rio de Janeiro
UFMG	Universidade federal de Minas Gerais
UFSM	Universidade federal de Santa Maria
UNIFESP	Universidade federal de São Paulo
INCOR	Instituto do coração de São Paulo
C_{crit}	Carga crítica
OBLA	Início de acúmulo de lactato sanguíneo (<i>Onset of blood lactate accumulation</i>)
TIC	Teste incremental contínuo
TID	Teste incremental descontínuo
dg	Decigramas
AL	Aumento abrupto na concentração de lactato sanguíneo
ΔL	Delta de lactato
TI_{curto}	Treinamento intervalado curto
TI_{longo}	Treinamento intervalado longo
IB	Instituto de Biociências
TD	Todos os grupos
SED	Grupo controle sedentário
TRE	Grupos que realizaram treinamento
$TI_{7,5}$	Treinamento intervalado, realizado com sobrecarga de 7,5% da massa corporal
TI_{10}	Treinamento intervalado, realizado com sobrecarga de 10% da massa

	corporal
E:P	Relação esforço:pausa
W	Sobrecarga de trabalho
%VO _{2max}	Percentual do VO _{2max}
UT	Unidades arbitrárias de treinamento
TE	Tempo total de exercício
ADP	Difosfato de Adenosina
AMP	Monofosfato de Adenosina
NAD	Nicotinamida adenina dinucleotídeo
NADH	Nicotinamida adenina dinucleotídeo na forma oxidada
SDH	Enzima succinato desidrogenase
CS	Citrato sintase
GLUT-4	Transportador de glicose do músculo estriado esquelético
GS	Enzima glicogênio sintetase
LDH	Lactato desidrogenase
MCT	Transportador de lactato
PDH	Enzima piruvato desidrogenase
PFK	Fosfofrutoquinase
ATR	Acumulação, transformação e realização
TP	Treinamento periodizado
A-1	Nível de intensidade de exercício aeróbio leve
A-2	Nível de intensidade de exercício aeróbio intenso
A-3	Nível de intensidade de exercício aeróbio máximo
AN-1	Nível de intensidade de exercício anaeróbio glicolítico
AN-2	Nível de intensidade de exercício anaeróbio alático
PPB	Período preparatório básico
PPE	Período preparatório específico
POLI	Período de polimento

Sumário

1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVOS	8
2.1. Objetivos Gerais.....	8
2.2. Objetivos Específicos.....	8
3. ESTUDO I: EVOLUÇÃO DO TREINAMENTO AERÓBIO EM HUMANOS E EM MODELOS EXPERIMENTAIS DE EXERCÍCIO COM RATOS.	11
3.1. Introdução	11
3.2. História do Treinamento Esportivo.....	14
3.3. Periodização do Treinamento Esportivo	19
3.4. Métodos de Treinamento Aeróbio	21
3.4.1. Treinamento Contínuo.....	22
3.4.2. Treinamento Intervalado	24
3.4.3. Treinamento em Circuito.....	28
3.5. Índices de Avaliação Aeróbia	29
3.5.1. Índices de Avaliação Aeróbia Determinada por Parâmetros Fisiológicos..	29
3.5.2. Índices de Avaliação Aeróbia Determinada por Equações de Regressão ...	32
3.6. Evolução da Fisiologia do Exercício e da Tecnologia no Esporte.....	36
3.7. Modelos Experimentais de Treinamento e de Avaliação Física que Utilizam Ratos.....	41
3.8. Considerações Finais.....	44
3.9. Referências.....	46
4. ESTUDO II: DETERMINAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO ATRAVÉS DE TESTE INCREMENTAL DE NATAÇÃO COM RATOS.....	55
4.1. Introdução	55
4.2. Materiais e Métodos.....	58
4.2.1. Animais	58
4.2.2. Grupos e delineamento experimental	58
4.2.3. Ajuste da Sobrecarga durante os Testes	59
4.2.4. Características dos tanques para realização dos testes	59
4.2.5. Adaptação dos Animais ao Meio Líquido antes dos Testes.....	60
4.2.6. Teste Incremental Contínuo (TIC)	60
4.2.7. Teste Incremental Descontínuo (TID).....	61
4.2.8. Determinação do LAN	61
4.2.9. Coleta de sangue e análise de lactato	62
4.2.10. Análise Estatística	62
4.3. Resultados	62
4.4. Discussão	65
4.5. Conclusões	70
4.6. Referências.....	71
5. ESTUDO III: EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBIO CONTÍNUO E INTERVALADO DE NATAÇÃO SOBRE O METABOLISMO MUSCULAR DA GLICOSE EM RATOS	74
5.1. Introdução	74
5.2. Materiais e Métodos.....	77
5.2.1. Animais e seu tratamento	77
5.2.2. Delineamento Experimental.....	77

5.2.3. Grupos e Protocolos de Treinamento	79
5.2.4. Aumento da Intensidade do Treinamento	80
5.2.5. Quantificação e Equiparação da sobrecarga entre os Protocolos de Treinamento.....	81
5.2.6. Adaptação ao Meio Líquido antes do Teste para Determinação do LAN... ..	82
5.2.7. Ajuste da Sobrecarga de Treinamento.....	82
5.2.8. Características do Tanque para Realização do Treinamento e do Teste do LAN.....	83
5.2.9. Avaliação Aeróbia através da Resposta do Lactato Sangüíneo	83
5.2.9.1. Teste Incremental Contínuo (TIC).....	83
5.2.9.2. Concentração de Lactato Sangüíneo Relativa 5% mc	84
5.2.10. Dosagem de Lactato Sangüíneo durante a Sessão de Treinamento	84
5.2.11. Medida do Metabolismo Muscular Glicídico “in vitro”	84
5.2.12. Dosagens Bioquímicas	86
5.2.12.1. Determinação do Lactato Sangüíneo	86
5.2.12.2. Glicogênio Muscular.....	87
5.2.12.3. Glicogênio Hepático	87
5.2.13. Análise Estatística	88
5.3. Resultados	88
5.4. Discussão	91
5.5. Conclusões	106
5.6. Referências.....	107
6. ESTUDO IV: MODELO EXPERIMENTAL DE PERIODIZAÇÃO DO TREINAMENTO AERÓBIO UTILIZANDO O EXERCÍCIO DE NATAÇÃO COM RATOS	114
6.1. Introdução	114
6.2. Materiais e Métodos.....	116
6.2.1. Animais e seu tratamento	116
6.2.2. Delineamento Experimental.....	117
6.2.3. Grupos e Protocolos de Treinamento	119
6.2.4. Quantificação e Equiparação da sobrecarga entre os Protocolos de Treinamento.....	120
6.2.5. Intensidade de Treinamento no Protocolo Contínuo com 5% mc (TC5)..	124
6.2.6. Classificação da Intensidade dos Estímulos para Aplicação da Sobrecarga de Treinamento no Protocolo Periodizado (TP).....	124
6.2.7. Características do Protocolo de Treinamento Periodizado (TP)	126
6.2.8. Adaptação ao Meio Líquido antes dos Testes	127
6.2.9. Ajuste da Sobrecarga de Treinamento.....	128
6.2.10. Características do tanque para realização do treinamento e do teste do LAN.....	129
6.2.11. Avaliação Aeróbia através da Resposta do Lactato Sangüíneo	130
6.2.11.1. Teste Incremental Descontínuo (TID)	130
6.2.11.2. Concentração de Lactato Sangüíneo Relativa 5% mc	130
6.2.12. Medida do Metabolismo Muscular Glicídico “in vitro”	131
6.2.13. Dosagens Bioquímicas	133
6.2.13.1. Determinação do Lactato Sangüíneo	133
6.2.13.2. Glicogênio Muscular.....	133
6.2.13.3. Glicogênio Hepático	133

6.2.14 Análise Estatística	134
6.3. Resultados	134
6.4. Discussão	137
6.5. Conclusões	151
6.6. Referências	152
7. CONCLUSÕES GERAIS	158
ABSTRACT	163
APÊNDICE 1	165
APÊNDICE 2	166
APÊNDICE 3	169
APÊNDICE 4	174
APÊNDICE 5	175
APÊNDICE 6	176

1. INTRODUÇÃO

Desde do início da humanidade o homem sempre teve de enfrentar, de alguma forma, a competição. Com a criação dos Jogos Olímpicos da Antigüidade e a institucionalização do esporte o homem procurou melhorar a cada dia o desempenho em competições esportivas. Hoje, o esporte é uma realidade enquanto ciência, e os efeitos do exercício físico agudo, realizado em uma sessão, e do exercício crônico, realizado periódica e sistematicamente, caracterizado como treinamento, têm sido estudados através de diferentes metodologias, nas mais diversas situações.

O treinamento de atletas que competem em provas aeróbias, de *endurance*, assim como o treinamento utilizado em experimentos com cobaias, têm se baseado em um modelo clássico de treinamento contínuo de longa duração, tanto em humanos como em experimentos com animais. No entanto, a preparação de atletas é realizada através de uma combinação de estímulos, com alternância do treinamento contínuo e intervalado e variação do volume e intensidade, durante as diferentes fases de preparação e competição. Esta forma de organizar e estruturar o treinamento, subdividindo-o em períodos com características específicas e denominada periodização foi proposta inicialmente por Matvéiev em 1965 (MANSO, 1996), e utilizada até hoje.

A utilização de índices fisiológicos que possam auxiliar na prescrição e determinação dos efeitos do treinamento, tais como o consumo máximo de oxigênio

(VO_{2max}), o Limiar Anaeróbio, determinado pelo lactato sanguíneo (LAN) ou pela ventilação (LANv), e do percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{max}$) passaram a fazer parte da rotina de treinamento de alguns atletas. No entanto, o custo de equipamentos, a realização de testes em períodos específicos, dificuldade no acompanhamento periódico com intervenção direta no programa de treinamento, utilização de procedimentos invasivos e a questão ética são dificuldades encontradas quando se procura estudar o treinamento esportivo de alto rendimento, pois nem sempre há compreensão e colaboração do treinador ou empenho dos atletas em determinados procedimentos.

Por outro lado, modelos experimentais que utilizam cobaias para verificar os efeitos do exercício físico, agudo ou crônico, têm sido uma opção para a investigação de diversas questões. Nestes modelos experimentais o exercício de natação e de corrida em esteira com ratos, realizados através do treinamento aeróbio de longa duração, são os mais utilizados.

O exercício físico, tanto agudo como crônico (treinamento), tem sido bastante estudado através da natação com ratos. AZEVEDO (1994) verificou os efeitos do treinamento e do exercício agudo de natação com ratos, em condições normais, sobre parâmetros bioquímicos, concluindo que as adaptações nesse modelo de exercício são similares às encontradas com humanos. Muitos outros estudos têm utilizado o modelo de natação com ratos, em condições onde o estado fisiológico normal é alterado, tais como: hipertensão (MACHADO et al., 1999), obesidade (BRAGA et al., 2001), diabetes mellitus (LUCIANO et al., 2000; FERREIRA et al., 2001), resposta do sistema imune (PEREIRA et al., 1996); envelhecimento (BOGHOSSIAN; ALLIOT, 2000), desnutrição protéica (GOBATTO et al., 1997; MELLO et al., 1999; GALDINO et al.,

2000), gestação (MELLO, 1994), uso de esteróides anabólicos (PERES; LUCIANO, 1995) e de dieta hiperlipídica (SILVA et al., 1999).

Em alguns destes estudos, os animais exercitaram-se sem utilização de sobrecarga e em outros, foram utilizadas sobrecargas de 15 ou 50% da massa corporal (% mc), visando o exercício anaeróbio. Porém, na maioria dos estudos os animais realizam o exercício de característica aeróbia, realizado de forma contínua, com uma sobrecarga atada ao tórax ou à cauda, que varia de 2-9% da massa corporal. Dentre estes protocolos de treinamento aeróbio com ratos, um dos protocolos de treinamento que tem sido muito utilizado consiste na realização do treinamento contínuo de natação com um volume 1h/dia, frequência de 5 dias/semana, intensidade de 5% mc, durante um período de 4 a 8 semanas (TC5).

A eficiência do protocolo TC5 em melhorar o condicionamento aeróbio foi demonstrada por SANTOS et al. (2000), através dos menores valores das concentrações de lactato sangüíneo encontradas nos animais treinados em comparação com os animais sedentários, durante teste contínuo com carga submáxima (5% mc). Apesar disso, e de ser amplamente empregado em diversos experimentos, o protocolo TC5 não reproduz adequadamente programas realizados no treinamento esportivo de alto rendimento e os que visam o condicionamento físico para promoção da saúde, pois mantém o volume e a intensidade constante ao longo da semana e o animal realiza o exercício predominantemente aeróbio em todas as sessões de treinamento.

Por outro lado, com humanos, o treinamento intervalado intensivo (TII) tem sido estudado com o objetivo de verificar tanto os efeitos anaeróbios como os aeróbios (ACEVEDO; GOLDFARB, 1989; LINDSAY et al., 1996; TABATA et al.,

1996; TABATA et al. 1997; GASKILL et al., 1999; STEPTO et al., 1999; BILLAT et al., 2000).

As informações sobre o TII, em humanos, são escassas (LINDSAY et al.1996). Estudos que utilizam o TII com ratos são muito recentes e as poucas informações existentes provem do exercício de corrida em esteira (WISLOFF et al., 2001; DIAZ-HERREIRA et al., 2001). Em relação ao treinamento intervalado intensivo com exercício de natação, TERADA et al. (2001); BRAGA et al. (2001); ROGATTO (2001) analisaram os efeitos desse modelo de treinamento. Contudo, nesses trabalhos não há justificativa quanto à escolha da sobrecarga para o protocolo de treinamento utilizado e parte deles analisaram os efeitos anaeróbios.

Recentemente, foram descritos protocolos para a avaliação da capacidade aeróbia com exercício de natação em ratos, determinação do estado de máximo equilíbrio de lactato (EMEL), proposto por GOBATTO et al. (2001), e do limiar anaeróbio pelo teste do lactato mínimo, proposto por VOLTARELLI et al. (2002), que podem ser de grande ajuda na avaliação e caracterização do esforço em exercício de natação com ratos.

Surpreendentemente, faltam na literatura estudos que reproduzam modelos de treinamento realizados com humanos e procurem avaliar e comparar os efeitos do treinamento intervalado e da periodização na melhora do condicionamento aeróbio, utilizando o exercício de natação com ratos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

- Padronizar novos protocolos de treinamento e avaliação da capacidade aeróbia no exercício de natação com ratos que possam servir como opção para pesquisadores que estudam os efeitos do treinamento físico em diferentes condições fisiológicas e patológicas experimentais.

- Dar início a uma nova temática de estudo na linha de pesquisa em fisiologia endócrino-metabólica, da área de Biodinâmica da motricidade humana, do Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro. Temática esta que tem como proposta estudar os efeitos metabólicos do treinamento intervalado e sua combinação com o treinamento contínuo, periodização, e modelos de avaliação com o exercício por natação com ratos, reproduzindo modelos utilizados no treinamento esportivo com humanos.

2.2. Objetivos Específicos

- Analisar o comportamento da concentração de lactato sanguíneo em teste incremental, contínuo e descontínuo, para determinar o LAN no exercício de natação com ratos e verificar se o LAN é sensível para discriminar os efeitos do treinamento em diferentes protocolos de treinamento.

- Padronizar dois modelos de treinamento intervalado, realizados com humanos, adaptando-os para natação com ratos e verificar os seus efeitos na melhoria da capacidade aeróbia.

- Criar um protocolo de treinamento experimental de periodização para natação com ratos, baseado no modelo de periodização realizado por nadadores que treinam para provas aeróbias, e verificar os seus efeitos na melhoria da capacidade aeróbia.

- Comparar os protocolos citados anteriormente, com o modelo de treinamento de natação correntemente utilizado em nosso laboratório, 1h/dia, 5 dias/semana, com sobrecarga de 5% do mc (TC5) e verificar qual deles é o mais eficiente em melhorar o condicionamento aeróbio.

Para atingir tais objetivos foram realizados uma revisão de literatura e três estudos experimentais apresentados em capítulos, com as características de artigo científico:

Estudo I: **Evolução do treinamento aeróbio em humanos e em modelos experimentais de exercício com ratos** (SANTOS; MELLO, **Revista Logos**, São José do Rio Pardo-SP, n.11, p.57-73, 2003). Nesta revisão foi realizado um levantamento sobre a evolução do treinamento esportivo e da fisiologia do exercício, dos principais índices de avaliação e dos métodos de treinamento aeróbio, tanto com seres humanos como em modelos experimentais que utilizam ratos.

Estudo II: Determinação do limiar anaeróbio através de teste incremental de natação com ratos. Neste estudo foram padronizados dois testes incrementais, um com aumento de carga contínuo, e outro descontínuo com intervalo de cinco minutos entre cada carga. Os dois testes foram realizados para analisar o comportamento da curva de lactato sangüíneo e verificar se é possível identificar LAN no exercício de natação com ratos. Esses dois testes, para determinação do LAN, foram utilizados com índices de avaliação aeróbia nos estudos III e IV, onde os animais foram submetidos a diferentes protocolos de treinamento.

Estudo III: Efeitos do treinamento aeróbio contínuo e intervalado em exercício de natação com ratos. O objetivo deste estudo foi adaptar dois protocolos de treinamento intervalado (TI) utilizados com humanos (STEPTO et al, 1999), às condições do exercício de natação com ratos e comparar os efeitos desses dois protocolos com o protocolo de treinamento contínuo TC5.

Estudo IV: Modelo experimental de periodização do treinamento aeróbio utilizando o exercício de natação com ratos. No quarto estudo foi idealizado um modelo experimental de treinamento periodizado, adaptado às condições para o exercício de natação com ratos, com características da periodização clássica do treinamento, segundo MATVÉIEV (1997), e específicas do treinamento de alto rendimento de natação com humanos (MAGLISCHO, 1999).

3. ESTUDO I: EVOLUÇÃO DO TREINAMENTO AERÓBIO EM HUMANOS E EM MODELOS EXPERIMENTAIS DE EXERCÍCIO COM RATOS.

3.1. Introdução

A institucionalização do esporte e a busca por melhores resultados em competições estimularam o ser humano a procurar entender melhor os efeitos do treinamento físico. Esta busca resultou em um avanço científico e tecnológico que fez progredir cada vez mais os resultados nas competições esportivas.

A utilização de índices fisiológicos que permitem verificar os efeitos do treinamento, tais como o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e o Limiar Anaeróbio (LAN), têm possibilitado melhor compreensão dos efeitos do treinamento auxiliando treinadores e atletas para melhorar o desempenho. No entanto, a utilização destes índices de avaliação aeróbia, nem sempre são possíveis, seja pelo alto custo de equipamentos, pela falta de conhecimento e colaboração de atletas e treinadores, ou ainda, pela dificuldade em realizar avaliações que utilizam procedimentos invasivos, como a biopsia muscular.

A melhora do rendimento aeróbio tem sido associada a um modelo clássico de treinamento realizado de forma contínua, através de percursos de média e longa distância. Além do treinamento contínuo, o treinamento intervalado (TI), realizado de maneira descontínua, com pausas entre a realização da carga de trabalho, é

um dos métodos mais utilizados no treinamento de modalidades esportivas com alta demanda energética do metabolismo aeróbio. O treinamento em circuito, realizado através da passagem em diferentes exercícios dispostos em estações, é um outro método utilizado de forma complementar para o desempenho aeróbio.

Muito embora, nesse estudo seja focado o rendimento aeróbio, é preciso destacar que as adaptações com o treinamento não acontecem exclusivamente de forma aeróbia ou anaeróbia, mas sim há uma interação entre ambos. Essa integração do metabolismo energético, muitas vezes, proporciona adaptações anaeróbias com o treinamento aeróbio e vice-versa. Por outro lado, os métodos de treinamento citados nesse estudo também podem ser empregados no treinamento para provas anaeróbias, desde que seja feita uma combinação adequada de volume, intensidade e tempo de recuperação entre os estímulos.

O treinamento de atletas de alto rendimento é realizado através de uma combinação de diferentes estímulos com alternância dos métodos de treinamento durante as diferentes fases de preparação e competição. Esta forma de organizar e estruturar o treinamento, subdividindo-o em fases e períodos com características específicas, variando-se os métodos de treinamento, é denominada periodização. Segundo MANSO et al. (1996) foi Matvéiev quem organizou e atualizou os conhecimentos desenvolvidos até a década de 50 do século passado e os publicou em 1965.

Nas últimas décadas, o treinamento intervalado intensivo tem sido estudado com o objetivo de verificar não só os efeitos anaeróbios como também a melhoria da capacidade e da potência aeróbia (ACEVEDO; GOLDFARB, 1989; LINDSAY et al., 1996; TABATA et al. 1996; TABATA et al., 1997; GASKILL et al.,

1999; STEPTO et al., 1999; BILLAT et al., 2000). Estes estudos partem da premissa de que estímulos mais intensos possam ter maior efeito na condição aeróbia do que estímulos de baixa intensidade com maior duração e procuram comparar os efeitos de diferentes modelos de treinamento intervalado entre si e com o treinamento contínuo.

Em modelos experimentais de treinamento físico com ratos é comum utilizar o treinamento contínuo, tanto em esteira como na natação. Um protocolo muito utilizado no treinamento de natação com ratos, como no estudo de SANTOS et al. (2000), é realizado com sessões de 1h/dia, frequência de 5 dias/semana, sobrecarga de 5% da massa corporal, durante um período 8 semanas.

O treinamento intervalado intensivo, em modelo experimental com ratos, tem sido pouco estudado e as raras informações existentes provem do exercício de corrida em esteira (WISLOFF et al., 2001; DIAZ-HERREIRA et al., 2001). Em relação ao treinamento intervalado intensivo com exercício de natação TERADA et al. (2001); BRAGA et al. (2001); ROGATTO (2001) analisaram os efeitos desse tipo de treinamento combinado com alguma alteração fisiológica e SILVA et al., (1999) na redução da adiposidade e da lipídemia. Porém, nestes trabalhos não são justificados os motivos para a escolha de sobrecarga e do protocolo de treinamento.

Recentemente, foram descritos protocolos para a avaliação da capacidade aeróbia com exercício de natação em ratos, através da determinação do estado de máximo equilíbrio de lactato (EMEL) proposto por GOBATTO et al. (2001) e do limiar anaeróbio pelo teste do lactato mínimo proposto por VOLTARELLI et al., (2001), que podem ser de grande ajuda na avaliação e caracterização do esforço em exercício de natação com ratos.

Deste modo, este trabalho foi realizado com o objetivo de levantar informações sobre a evolução do treinamento esportivo, procurando focar os métodos de treinamento e as diferentes formas de avaliação do condicionamento aeróbio, utilizados em humanos na prática desportiva e em modelos experimentais com ratos.

3.2. História do Treinamento Esportivo

A História do treinamento esportivo tem origem na Grécia Antiga, por volta do ano 800 a.C, com a preparação para competições em jogos. Os gregos davam grande importância ao físico e realizavam jogos para homenagear seus Deuses (GODOY, 1996). Oficialmente, os primeiros Jogos Olímpicos da Antiguidade foram realizados em 776 a.C, na cidade de Olímpia, sendo extintos em 393 d.C.

Naquela época, os gregos já utilizavam a preparação geral através de marchas, corridas e saltos, a preparação específica através de sacos de areia, fardos e pedras em forma de halteres; treinadores específicos para as provas de corrida e lutas e seguiam uma rotina de treinamento realizada em ciclos de quatro dias, denominada tetras (COSTA, 1968a; ROCHA, 1983). A dificuldade em se quantificar o treinamento já era grande nessa época e alguns atletas chegavam a morrer durante o treinamento ou competição, o que acontece até hoje.

Em meados do século XVI, na Inglaterra, surgiram os corredores profissionais, *running footman*, que disputavam provas com distâncias superiores a 50 Km (HEGEDÜS, 1973). Posteriormente, em meados do século XIX, ingleses e americanos realizaram competições entre si, com os ingleses baseando-se na prática do treinamento quantitativo, correr a maior distância possível, enquanto que os americanos enfatizavam a intensidade, através de distâncias mais curtas, 200, 400 e 800m,

introduzindo pausas entre as corridas para melhorar a velocidade (HËGEDUS, 1973; ROCHA, 1983; TUBINO, 1984).

O ressurgimento dos Jogos Olímpicos em 1896, na cidade de Atenas, foi um marco para que o esporte passasse a ter maior interesse e divulgação entre os diferentes povos do mundo. Os Jogos foram restaurados pelo barão de Coubertin, que destacou a importância da competição em detrimento da vitória. Com o início dos Jogos da era Moderna, o treinamento esportivo passou a evoluir e ao longo das primeiras sete décadas do século XX, exceção aos períodos das I e II guerras mundiais, atletas e treinadores inovaram e criaram vários métodos de treinamento que são utilizados até hoje.

A sistematização dos métodos de treinamento ocorreu primeiro através das corridas de longa distância e posteriormente com a natação. O treinador finlandês Lauri Pihkala, de 1910 a 1930 passou a utilizar corridas curtas e intensas com intervalos longos para seus atletas e o contato com a natureza, destacando-se os corredores Kolehmainen, ouro olímpico nos 5.000 e 10.000m em 1912, e na maratona em 1920. Paavo Nurmi, outro finlandês, que utilizava um cronômetro para controlar o ritmo da corrida, bateu vinte e dois recordes mundiais, sendo homenageado com uma estátua em frente ao estádio olímpico em Helsinki. Além desses, outros corredores como Vilho Ritola, Albin Stenroos e Lauri Lahtinen contribuíram para a hegemonia finlandesa, nas décadas de 10 a 30 do século passado. Este grupo de corredores finlandeses ficou conhecido como "os finlandeses voadores".

Na natação, o americano Johnny Weissmuller conseguiu mais de cinquenta recordes mundiais nos anos 20, enquanto que, nas olimpíadas de 1932 e 1936 o Japão dominou as provas da natação. Segundo COSTA (1968a), estas duas escolas de

treinamento começaram a dar dimensões científicas ao treinamento, com os americanos preocupados com os fatores que influenciam o rendimento, além do treinamento em si, e os japoneses que enfatizaram o treinamento de flexibilidade e trabalho de recuperação realizado em equipe com médico e treinadores. Devido ao baixo nível dos nadadores brasileiros desta época, o governo contratou Takashiro Saito, treinador japonês, para ensinar novas técnicas e introduzir a base do treinamento sistematizado, realizado pelos japoneses. Este fato culminou na publicação, em 1935, do primeiro livro sobre treinamento esportivo no Brasil, “Como Vencer na Natação” (COSTA, 1968a).

Na década de 30 dois treinadores suecos destacaram-se no atletismo. Gösse Holmer cria o *Fartlek*, um jogo de corridas curtas e longas, alternando-se a velocidade, utilizando terreno variado, em contato com a natureza e duração de 1 a 2 horas, enquanto que, Gösta Olander combinou corridas mais intensas com menor duração, em terrenos pantanosos e na neve, que podiam ser alternadas com corrida na grama (HEGEDÜS, 1973).

A pausa entre as corridas já havia sido utilizada pelos americanos, treinamento de tempo ou “*Tempo Training*”, em meados do século XIX (HEGEDÜS, 1973). Desde a olimpíada de Berlim, em 1936, alguns treinadores já vinham experimentando o treinamento intervalado, única alternativa, até então, além do treinamento contínuo (COSTA, 1968a). Para HEGEDÜS (1973); TUBINO (1984), o treinador Gerschler foi o criador do treinamento intervalado. No entanto, foi Emil Zatopek, nos anos 40 e 50, que popularizou o método intervalado, devido aos seus dezoito recordes mundiais em provas de 5.000 a 30.000m e ouro na maratona olímpica de 1952 (COSTA, 1968a). Zatopek, também chamado de locomotiva humana, realizava até 100 repetições de 400m em seus treinos e é considerado o precursor do treinamento

intervalado na prática, pois foi o último atleta a utilizá-lo e obter grandes resultados com este método antes dele começar a ser estudado cientificamente, entre 1954 e 1965, pelos fisiologistas Herbert Reindell e seus colaboradores e o treinador Gerschler (ROCHA, 1983).

O treinamento de Zatopek era realizado com distâncias de 200 e 400m. O treino com corridas de 400m, seu preferido, tinha duração de 85-90s no inverno e maior intensidade no verão, utilizava 70 a 100 repetições e intervalos entre 150-200m trotando, ou o equivalente 60s (COSTA, 1968a). O treinamento intervalado clássico de Gerschler e Reindell, idealizado nos anos 50 e 60, é realizado com distâncias entre 100 a 2000m, realizadas de acordo com a especialidade do atleta e a utilização da frequência cardíaca como referência. Nesta proposta a frequência cardíaca deve alcançar 180 bpm durante o esforço e não menos do que 120 bpm na recuperação, entre 120 a 130 bpm, ou seja, pausa de 45 a 90s.

Nas décadas de 50 e 60, a escola australiana teve sua participação com os treinadores Cerruty e Glenhutly. Contrários ao treinamento intervalado e adeptos ao contato com a natureza, propunham a utilização de grandes distâncias e de somente utilizar a pista para competir. Cerruty, em 1952, inspirou-se no treinamento de Gosta Olander, utilizando grande volume de treino, 150 Km por semana, e alta intensidade, com a velocidade que é necessária para competição (HEGEDÜS, 1973). Glenhutly, cuja base do trabalho era de devorar quilômetros, treinamento de duração, propunha correr 800 km por mês durante o inverno, período de base, treinou Ron Clarke que obteve ótimos resultados entre 1960 e 1970. “[...] para Clarke as pausas do treinamento intervalado representam uma espécie de ‘auxílio’ ou ‘muleta’ [...]” (HEGEDÜS, 1973, p. 51, tradução nossa).

Na mesma época, na Nova Zelândia, Arthur Lydiard combinou bem a utilização do treinamento de duração dos australianos com o método intervalado. Lydiard teve como maior destaque o corredor de meio fundo Peter Snell, vencedor dos 800m na olimpíada de Roma em 1960, também vencedor dos 1500m e recordista olímpico e mundial dos 800m, na olimpíada de Tóquio, em 1964 (LANCELLOTTI, 1996).

Em 1961, o belga Raul Mollet criou o conceito de treinamento total, baseado na interação entre os aspectos físicos, técnicos, táticos e psicológicos, com equilíbrio dos fatores que influenciam o treinamento, como a nutrição, vida social, lazer, acompanhamento médico e disciplina de horários (TUBINO, 1984). Mollet também foi o criador, em 1963, do *Cross Promenade* ou Cross-Passeio, uma adaptação do Fartlek. Segundo TUBINO (1984) este método serve para quebrar a rotina de treinamento, com aquecimento, exercícios de desenvolvimento muscular, de velocidade e finalizando com 30 minutos de trabalho contínuo combinado com o intervalado.

A busca por um melhor condicionamento aeróbio não foi apenas um privilégio para atletas. Em 1967, o americano Kenneth Cooper publicou um método de treinamento e um teste para avaliação da capacidade aeróbia, o teste de 12 minutos. Concebido para sedentários, o método de Cooper, também chamado de "aeróbio", classifica a aptidão aeróbia de acordo com a idade, o gênero e o resultado no teste de 12 minutos (COOPER, 1972). Este método ficou famoso no mundo todo por sua divulgação entre a população não atleta, que procura apenas melhorar o condicionamento aeróbio. O método de Cooper não preconiza distâncias muito longas, e foi utilizado por CHIROL et al. (1974), dentre outros, na preparação da seleção brasileira de futebol, campeã mundial em 1970.

Atualmente, a evolução dos métodos de treinamento tem sido ocasionada mais pela adaptação ou evolução daqueles já existentes do que pela criação de novos métodos de treinamento. Como por exemplo, a adaptação do treinamento em circuito para os esportes coletivos com utilização de movimentos técnicos específicos, a utilização de equipamentos modernos como máquinas de força computadorizadas e parâmetros fisiológicos que permitem controlar e adaptar melhor a carga de esforço durante o treinamento.

3.3. Periodização do Treinamento Esportivo

Muito embora, na Grécia Antiga já havia a preocupação com a organização do treinamento, segundo MANSO et al. (1996); SILVA (1998) as primeiras noções sobre periodização foram elaboradas pelo russo Kotov entre 1916 e 1917. Kotov foi o primeiro a propor o treinamento ininterrupto, dividido em ciclos (MANSO et al., 1996). Outros autores surgiram posteriormente, mas somente em meados dos anos 50 Matvéiev aprofunda e atualiza os conhecimentos desenvolvidos até então, e publica em 1965 sua proposta de periodização (MANSO et al., 1996), que é adotada até hoje.

O modelo clássico de periodização proposto por Matvéiev é baseado na aquisição, manutenção e perda da forma ou da capacidade de rendimento (MATVÉIEV, 1997). Suas principais características são: um período preparatório, subdividido em uma fase básica em que predomina o volume das cargas, e uma fase específica de menor duração, predominando a intensidade. Após o período de preparação segue-se o período competitivo, característico a cada esporte, e por último o período de transição, onde há redução da carga de treino e perda de rendimento, para que haja recuperação. Sua estrutura é feita em ciclos, com os microciclos tendo duração de 4 a 12 dias, através da combinação de métodos de treinamento, variação no volume, intensidade e capacidade

física alvo, nas sessões de treinamento. Os mesociclos compreendem 3 a 6 microciclos e possuem objetivos distintos dentro dos períodos. O macrociclo compreende o período preparatório, competitivo e transitório, que contém os mesociclos. A dinâmica da carga é representada em ondas como forma de renovação dos meios e métodos de preparação para a elevação das cargas.

Os microciclos e mesociclos podem receber denominações específicas de acordo com sua característica. Introdutório: realizado no início da temporada, com cargas leves e aumento gradual; Desenvolvimento: o aumento do volume e intensidade é mais acentuado; Choque: utilização de cargas mais intensas; Recuperação: redução da carga de treino para recuperação; Competitivo: visa preparar para a competição, através da redução ou manutenção da carga.

Em nosso entendimento a periodização representa um plano ou projeto global, no qual o treinamento de um atleta ou equipe é organizado para alcançar o melhor rendimento em determinado momento da temporada. A temporada é subdividida em etapas e períodos com características específicas, podendo apresentar objetivos intermediários e principais. Durante todo o processo de treinamento procura-se melhorar o rendimento do atleta através do controle da dinâmica da carga de treinamento, que deve ser ajustada a um ponto máximo do tolerado pelo atleta.

Atualmente, o modelo de periodização proposto por Matvéiev vem sendo criticado quanto aos seus princípios. MANSO et al. (1996) citam que fundamentalmente as críticas são quanto ao excesso de treinamento na preparação geral, pouca importância ao trabalho específico e utilização de uma rotina de cargas por um longo período de tempo. Outro aspecto a se considerar, são as alterações nos sistemas e na quantidade de

competições de várias modalidades, que ocasionou um aumento no período de competição e conseqüente redução no período de preparação.

Propostas contemporâneas de periodização sugerem uma adequação às especificidades atuais de cada modalidade esportiva. Dentre estas novas propostas de periodização, segundo MANSO et al. (1996) destacam-se: o treinamento em blocos com alta intensidade, proposto por Verjochansky; o modelo Acumulação, Transformação e Realização (ATR), proposto por Issurin & Kaverin; a utilização de cargas elevadas em fases mais curtas de treinamento, proposta por Tschiene; o modelo indicado principalmente para esportes coletivos, com estruturação para modalidades com longos períodos de competição, segundo Bompa.

Independente do modelo de periodização, um fator que é comum em todos os modelos é a alternância das cargas de forma ondulatória, durante o processo de treinamento para se alcançar o melhor rendimento. Essa alternância envolve tanto a relação volume-intensidade quanto às capacidades físicas de força, resistência, velocidade e flexibilidade a serem desenvolvidas que influenciam nas adaptações metabólicas a serem desenvolvidas.

3.4. Métodos de Treinamento Aeróbio

A contribuição aeróbia durante o exercício máximo se iguala ao sistema anaeróbio a partir de dois minutos (ÅSTRAND; RODHAL, 1980). No entanto, recentemente, foi proposto que na corrida de 800m em intensidade máxima, normalmente realizada abaixo de dois minutos, a contribuição aeróbia é de ~65% (HILL, 1999; SPENCER; GASTIN, 2001). O nível de condicionamento e a intensidade na qual é realizado o exercício influenciam nesta proporção e a contribuição da via aeróbia é proporcionalmente aumentada com o aumento da duração do exercício.

POWERS e HOWLEY (2000) citam os métodos de treinamento contínuo e intervalado como os mais indicados para melhorar o rendimento aeróbio, enquanto que TUBINO (1984) acrescenta, além desses, o treinamento em circuito. Mesmo que utilizado como método complementar, o treinamento em circuito também é indicado como opção para atletas que disputam provas com característica aeróbia. Reforçando esta idéia, BILLAT (2001) destaca que Sebastian Coe, recordista mundial dos 800m na década de 80 e dos 1500m nas olimpíadas de Los Angeles em 1984, utilizava o treinamento aeróbio e anaeróbio e o treinamento em circuito para melhorar a força e potência.

Na prática, atletas que disputam provas com predominância do metabolismo aeróbio, média e longa duração, têm utilizado uma combinação do treinamento contínuo e intervalado e o treinamento em circuito como um método complementar.

3.4.1. Treinamento Contínuo

Classicamente, o treinamento contínuo (TC) vem sendo utilizado para melhorar a condição aeróbia. O TC, também denominado de treinamento de duração, caracteriza-se pela realização do exercício sem pausa do início ao fim, em geral, de longa duração, para melhorar a capacidade aeróbia, através do maior transporte e utilização de oxigênio pelo músculo ativo.

De acordo com o ritmo de execução o treinamento contínuo pode ser subdividido em contínuo lento e contínuo intenso. No treinamento contínuo intenso, a intensidade é mantida próxima ao LAN, onde é possível realizar o exercício por 30 a 60 minutos (MOGNOMI et al. 1990; OYONO-ENGUELLE et al. 1990) ou entre 30 a 45

minutos (URHAUSEN et al., 1993). Nesta intensidade o consumo de oxigênio é superior a 80% do VO_{2max} em corredores, decatletas, esquiadores (KINDERMAN et al. 1979) e em ciclistas (HARNISH et al, 2001). Em indivíduos sedentários, o percentual do VO_{2max} relativo a intensidade do LAN é inferior aos valores de atletas (KINDERMAN et al. 1979), ficando entre 60 a 70% do VO_{2max} .

O treinamento contínuo de longa duração, realizado em intensidade abaixo do LAN, é outra forma de treinamento contínuo aeróbio com duração, geralmente, superior a da distância da competição (POWERS; HOWLEY, 2000). Esta intensidade equivale ao limiar aeróbio, determinado pela concentração fixa de lactato de 2 mM, proposto por KINDERMANN et al. (1979), e o exercício pode ser mantido por mais de uma hora.

Como variação do método de treinamento contínuo, o *fartlek*, citado anteriormente, apesar de idealizado na década de 30, é outra opção que ainda tem seus adeptos até hoje.

Apesar do método de treinamento contínuo lento, que requer maior volume, ser tradicionalmente associado à melhoria da capacidade aeróbia, a realização do exercício à intensidade do LAN representa uma ótima maneira de potencializar os efeitos aeróbios do treinamento (MADER et al. 1976; MAGLISCHO, 1999). Além disso, POWERS e HOWLEY (2000) destacam que existe um crescente volume de evidências de que é a intensidade e não a duração o fator mais importante no aumento da potência aeróbia.

3.4.2. Treinamento Intervalado

O treinamento intervalado (TI) é um método de treinamento onde o exercício é efetuado de forma intermitente, com períodos de exercício intercalados por períodos de recuperação. Na organização do TI deve-se considerar: a intensidade do exercício; a distância a ser percorrida; o número de repetições e de séries; o tempo de recuperação entre as repetições e entre as séries; a forma de recuperação no intervalo, ativa ou passiva.

Normalmente, o TI é executado na intensidade acima do LAN ou no limiar e pode ser utilizado para melhorar tanto o rendimento em provas aeróbias como anaeróbias, dependendo da duração, intensidade e do tempo de recuperação. No momento foram abordadas apenas características do TI específicas às provas aeróbias.

O treinamento intervalado permite várias combinações, devido às suas características, e é subdividido em duas categorias, com diferentes classificações. No atletismo, SCHMOLINSKY (1982) utiliza o termo treinamento intervalado intensivo (TII), onde predomina a intensidade, e treinamento intervalado extensivo (TIE), onde predomina o volume. No TIE utiliza-se intensidade de 60-80%, com número de repetições de 8-50 e pausas de 45s a 3min, enquanto que no TII a intensidade é de 80-90%, com 4-12 repetições e intervalo de recuperação entre 1min:30s a 5min.

Uma outra forma de trabalho intervalado, realizado em até 6 repetições, com intensidade entre 90 a 100%, intervalo longo para total recuperação, é o treinamento de repetições máximas, que recebe essa denominação devido ao uso da alta intensidade (SCHMOLINSKY, 1982).

BILLAT (2001) divide o TI em aeróbio e anaeróbio, com o aeróbio de curta duração compreendendo exercícios entre 15 e 60s com 15s a 4min de recuperação, enquanto que TI de longa duração utiliza 1-8 min de duração e 1-3 min de recuperação.

O tempo limite até a exaustão (T_{lim}) à velocidade relativa ao VO_{2max} (vVO_{2max}) para calibrar o TI, em corredores, tem sido proposto para ajustar o TI (BILLAT et al., 1996).

As diversas possibilidades do treinamento intervalado, através da combinação da distância, do número de repetições, da intensidade e do tempo de recuperação, dificultam estabelecer qual seja a combinação mais eficiente para o treinamento das várias modalidades esportivas. Por isso, é comum encontrar diferentes combinações na prática do treinamento esportivo. Apesar de poucas informações científicas a este respeito, o TII realizado com base na duração de 50 a 75% do T_{lim} da vVO_{2max} tem sido utilizado com sucesso na melhoria do rendimento aeróbio de corredores de longa distância (LAURSEN; JENKINS, 2002).

Nos últimos anos tem-se procurado investigar o TII na melhoria da condição aeróbia (ACEVEDO; GOLDFARB, 1989; LINDSAY et al., 1996; TABATA et al., 1996; TABATA et al., 1997; GASKILL et al., 1999; STEPTO et al., 1999; BILLAT et al., 2000). Alguns autores têm se preocupado em investigar respostas metabólicas musculares enquanto que outros procuraram comparar os efeitos de diferentes modelos de treinamento intervalado entre si ou com o treinamento contínuo, através de índices determinantes do rendimento aeróbio (LAN , VO_{2max} , T_{lim} à vVO_{2max} , EMEL). Estes autores consideram a hipótese de que estímulos mais intensos possam melhorar o condicionamento aeróbio de forma mais eficiente do que estímulos de baixa intensidade com maior duração.

Em um estudo com ciclistas de competição, LINDSAY et al. (1996) substituíram 15% do treinamento, que era realizado com intensidade moderada, por um TII, durante quatro semanas, e encontraram melhoras significativas no tempo para percorrer 40Km e no tempo até a exaustão a 150% da potência aeróbia de pico

($VO_{2\text{pico}}$). STEPTO et al. (1999) também realizaram um estudo com cinco grupos de ciclistas submetidos a diferentes protocolos intermitentes e constataram que os melhores ganhos no tempo de 40Km foram nos grupos que realizaram 12 x 30 segundos e 8 x 4 minutos, com intervalo de recuperação de 4,5min e 1min, respectivamente.

TABATA et al. (1996) comparando um protocolo intervalado de alta intensidade com um protocolo contínuo a 70% do $VO_{2\text{max}}$, encontraram apenas aumento do $VO_{2\text{max}}$ com o treinamento contínuo, enquanto que o treinamento intervalado melhorou tanto a potência aeróbia máxima ($VO_{2\text{max}}$) quanto à capacidade anaeróbia, LAN.

Com um protocolo de TII, 4-10 x 30 segundos com 4-2,5 minutos de recuperação MACDOUGALL et al. (1998) verificaram melhora significativa no $VO_{2\text{max}}$. O treinamento intervalado intensivo também pode melhorar o desempenho de *endurance* e diminuir a concentração de lactato plasmático em intensidade relativa a 85 e 90% do $VO_{2\text{max}}$, sem que ocorra alteração no $VO_{2\text{max}}$ e LANv (ACEVEDO; GOLDFARB, 1998).

CHRISTMASS et al. (1999) encontraram diferença na utilização de substrato energético e na disponibilidade de oxigênio muscular entre exercício intermitente e contínuo, contudo o VO_2 total e dispêndio energético foram idênticos, enquanto que CHILIBECK et al. (1998) constataram que o TII foi mais eficiente do que o treinamento contínuo submáximo para estimular a oxidação de ácidos graxos. A produção de lactato e citrato, durante o exercício intermitente, podem inibir a glicólise e favorecer a β -oxidação.

ESSEN et al. (1977) verificaram que durante o período que é realizado o trabalho intenso no exercício intervalado a produção de energia aeróbia é parcialmente

feita pelo fornecimento das reservas de O₂ da mioglobina, sendo este mecanismo mais importante do que a produção de ATP-CP ou produção de lactato. HOPP & PALMER (1990) compararam a utilização de substrato através de estimulação elétrica e observaram que com o exercício intermitente de alta intensidade há menor depleção de glicogênio e maior depleção de triglicérides intramusculares comparado com a estimulação contínua.

Esses resultados podem ser entendidos melhor através do estudo de RODAS et al. (2000) que encontraram aumento do VO_{2max} e na atividade das enzimas citrato sintase (38%) e 3-hydroxiacil-COA desidrogenase (60%) em decorrência do treinamento intervalado. Tais enzimas podem aumentar o ritmo de oxidação pela via aeróbia e reduzir a glicólise anaeróbia, o que pode melhorar o desempenho em provas que predominam o condicionamento aeróbio (HAWLEY et al., 1997).

O treinamento intervalado também tem demonstrado eficiência na redução da gordura corporal. DONNELLY et al. (2000), em estudo com mulheres sedentárias moderadamente obesas, relataram resultados favoráveis à prevenção do ganho de peso e à melhora de alguns parâmetros da aptidão aeróbia, tanto com o exercício contínuo quanto com o intermitente. De modo similar, em estudo com ratos, SANTOS e MELLO (2002) não encontraram diferença na adiposidade corporal de ratos quando compararam um protocolo contínuo, com intensidade de 5% mc e duração de 60min/dia, com um protocolo intervalado, 7,5% mc, 4min de exercício/1min:30s de recuperação, ambos com duração de oito semanas.

A dúvida sobre qual dos métodos de treinamento, contínuo ou intervalado, é o mais eficiente para melhorar o rendimento aeróbio permanece ainda sem resposta. Sem dúvida, há evidências de que o treinamento intervalado realizado de

forma intensa tenha certa vantagem na melhora da aptidão aeróbia. No entanto, ainda mais pesquisas são necessárias para estabelecer a verdadeira eficiência do treinamento intervalado na melhoria do rendimento aeróbio.

3.4.3. Treinamento em Circuito

Entre 1950 e 1956, atletas americanos passaram a treinar com auxílio de halteres, com destaque para as provas de 800m rasos, natação, decatlon e arremesso de peso (SANTOS, 1968). Esta prática de treinamento e o treinamento intervalado influenciaram a criação do treinamento em circuito (JONATH, 1966; TUBINO, 1984).

O método de treinamento em circuito, idealizado pelos ingleses Morgan e Adamson a partir de 1953 e publicado em 1957, é realizado através da passagem em diversas estações, com intervalos de recuperação entre elas. As condições climáticas inglesas desfavoráveis ao treinamento ao ar livre também colaboraram para criação deste método de treinamento, concebido inicialmente para ser realizado em local fechado e coberto.

No treinamento em circuito são executados diferentes exercícios com efeitos distintos, com ou sem implementos, e com o processo de execução podendo ser feito por tempo ou número de repetições em cada estação (JONATH, 1966; TUBINO, 1984). O treinamento em circuito pode ter um caráter mais aeróbio, com baixa intensidade, com intervalos curtos ou sem intervalos, ou anaeróbio, realizado em velocidade com maior tempo para recuperação.

Atualmente, a utilização de halteres e máquinas é comum em diversos esportes para o desenvolvimento das diferentes categorias de força: resistência de força, força máxima, potência, e hipertrofia muscular, que são desenvolvidas através dos

métodos de treinamento em circuito, isométrico, piramidal, dentre outros. Apesar do principal objetivo dos atletas que disputam provas aeróbias, não ser o desenvolvimento da força, dependendo da modalidade, da fase de preparação e competição, ou mesmo na recuperação de lesões, o treinamento de força pode ser utilizado desde que seja respeitado o princípio da especificidade do treinamento, e no caso, para o treinamento aeróbio, seja trabalhada a resistência de força.

3.5. Índices de Avaliação Aeróbia

Certamente os índices mais utilizados para avaliação do condicionamento aeróbio são o LAN, que estima a capacidade aeróbia, e o VO_{2max} , que representa a potência aeróbia máxima. No entanto, a utilização desses índices de avaliações depende de equipamentos e laboratório. Por outro lado, apesar de não ser tão preciso, é possível estimar tais parâmetros de forma indireta através de testes com diferentes ergômetros, tais como esteira, bicicleta, banco ou através de testes de campo que necessitam apenas de uma pista de atletismo ou piscina.

3.5.1. Índices de Avaliação Aeróbia Determinada por Parâmetros Fisiológicos

Dentre os parâmetros fisiológicos utilizados para a avaliação aeróbia, o lactato sanguíneo, para determinação do limiar anaeróbio (LAN), o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e o limiar ventilatório (LANv) tem sido os mais utilizados.

Desde a determinação do VO_{2max} por HILL e LUPTON (1923), o VO_{2max} tem sido um parâmetro muito utilizado para avaliação do rendimento aeróbio. O VO_{2max} apresenta correlação positiva com o rendimento aeróbio em grupos heterogêneos de

corredores (COSTILL et al., 1973), nadadores (HOLMER et al., 1974) e ciclistas (BURKE et al., 1977).

Contudo, atletas especialistas em provas aeróbias podem apresentar pequena ou nenhum aumento no VO_{2max} como resultado do treinamento contínuo (COSTILL, 1976; SJODIN et al., 1982; MARTIN et al., 1986) ou aumento da intensidade do treinamento (DANIELS et al., 1978). Estudos realizados com atletas bem treinados, com alto VO_{2max} , como ciclistas (COYLE et al., 1991) praticantes de marcha atlética (HAGBERG; COYLE, 1983) e triatletas (KOHRT et al., 1989), apresentaram moderada correlação entre o VO_{2max} e o desempenho aeróbio.

O tempo até a exaustão (T_{lim}) à velocidade mínima na qual é alcançado o VO_{2max} (vVO_{2max}) tem sido utilizado como um bom preditor do rendimento aeróbio em corredores com VO_{2max} similar (BILLAT et al., 1996). Isto sugere que o T_{lim} à vVO_{2max} pode ser mais sensível na predição do rendimento aeróbio do que o VO_{2max} . Além disso, a vVO_{2max} também tem sido utilizada como referência para ajustar o treinamento intervalado (BILLAT et al., 1999).

Por outro lado, o limiar anaeróbio tem se mostrado um ótimo índice de avaliação aeróbia, seja na determinação pelo lactato sangüíneo (LAN) ou pela ventilação (LAN_v). Alguns autores verificaram coincidência no ponto de identificação do LAN e do LAN_v (DAVIS et al., 1976; YOSHIDA et al., 1981; CAIOZZO et al., 1982) enquanto que outros não (SIMON et al., 1983; GAESSER; POOLE, 1986).

Com relação ao LAN, DENADAI (1999) considera que os maiores problemas quanto à sua utilização são as diferentes metodologias e terminologias utilizadas para interpretação da resposta do lactato sangüíneo. Dentre essas metodologias, destaca-se o limiar anaeróbio por concentração fixa de 4 mM de lactato

(MADER et al., 1976; MADER; HECK, 1986), o limiar anaeróbio individual (IAT) (STEGMANN et al., 1981) e o limiar anaeróbio pelo lactato mínimo (TEGTBUR et al., 1993). Independentemente das diferentes formas de determinação do LAN, este tem se mostrado o índice mais adequado para a prescrição da intensidade do treinamento, verificação dos efeitos do treinamento e predição da performance em provas de média e longa duração (DENADAI, 1999). Em parte, essa afirmação é suportada pelo estudo de TANAKA (1986) com corredores de longa distância onde foi encontrada maior correlação entre o limiar anaeróbio e o resultado na corrida de 10Km do que o consumo máximo de oxigênio.

A resposta lactacidêmica em exercício submáximo também tem se demonstrado um bom parâmetro para avaliar os efeitos do treinamento. A concentração de lactato sangüíneo relativa à uma determinada intensidade tem apresentado maior correlação com o rendimento aeróbio do que o VO_{2max} (COSTILL, 1972; COSTILL, 1976) e durante o exercício submáximo apresentaram-se diminuídas à mesma sobrecarga absoluta após um período de treinamento (EKBLUM, 1968; KARLSSON et al., 1972).

ACEVEDO e GOLDFARB (1989), em um estudo com corredores altamente treinados, observaram que, as concentrações de lactato sangüíneo relativas às intensidades de 85% e 90% do VO_{2max} foram significativamente alteradas em função do treinamento, enquanto que o VO_{2max} e o LANv permaneceram inalterados. Apesar de alguns autores não encontrarem diferença na concentração de lactato sangüíneo (SALTIN et al., 1969) ou ter encontrado pouca variação (HURLEY et al., 1984) à mesma intensidade relativa do exercício em função do treinamento, a maioria dos estudos têm demonstrado o contrário. Isto sugere que a utilização da concentração de

lactato sanguíneo relativa à determinada intensidade de exercício submáximo também pode servir como um ótimo indicador na avaliação dos efeitos do treinamento aeróbio.

Por último, outro índice que pode avaliar a capacidade aeróbia é a determinação do limiar anaeróbio glicêmico (LANg). Considerado como o ponto onde ocorre uma inflexão na curva glicêmica, o LG coincide com o LAN determinado tanto pelo teste do lactato mínimo quanto pelo IAT, em corredores de longa distância (SIMÕES et al., 1999).

3.5.2. Índices de Avaliação Aeróbia Determinada por Equações de Regressão

A avaliação da condição aeróbia, através de testes específicos em diferentes modalidades de exercício, como a caminhada, a corrida, a natação ou o ciclismo, tem permitido avaliar, de forma indireta, o LAN e VO_{2max} com certa confiabilidade. Mesmo considerando as limitações da determinação indireta de tais índices, os mesmos podem ser de grande auxílio quando não é possível utilizar metodologias que tem custo elevado, são realizadas de forma invasiva, dependem de equipamentos, ou ainda, quando é preciso avaliar um número grande de pessoas. As formas mais conhecidas de determinação indireta tanto do LAN como do VO_{2max} são realizadas através de equações de regressão.

A seguir estão citadas algumas destas equações que permitem determinar o LAN e o VO_{2max} de forma indireta, não invasiva com baixo custo financeiro.

Determinação do LAN na Corrida

- Teste de corrida de 3000m: realizado com corredores fundistas, sendo verificada a correlação entre a velocidade média dos 3Km ($Vm3Km$) em m/min e o

limiar anaeróbio individual (IAT), ($r=0,92$). Resultado expresso em m/min (SIMÕES et al., 1997).

$$\text{LAN (IAT)} = (V_{m3Km} \cdot 0,97) - 15,81$$

Determinação do LAN na Natação

- Teste de 700m nado crawl: realizado com adolescentes de ambos os sexos, sendo verificada a correlação entre a velocidade média dos 700m (V_{m700m}) em m/min e o limiar anaeróbio pelo lactato mínimo, ($r=0,96$). Resultado expresso em m/min (SIMÕES et al., 2000).

$$\text{LAN (Lactato mínimo)} = 1,015 \cdot (V_{m700m}) - 5,025$$

- Teste de 30 minutos (T30): considera-se a velocidade média dos 30 minutos máximo de nado crawl (V_{mT30}). Valores expressos em m/s (OLBRECHT et al., 1985).

$$\text{LAN (4mM)} = (1,367 \cdot V_{mT30}) - 0,509.$$

Determinação do VO_{2max} em Corrida

- Teste de Cooper: considera a distância percorrida (D), em 12 minutos caminhando ou correndo. Resultado expresso em $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (LEITE, 1984).

$$VO_{2max} = (D - 504,1) \div 44,8$$

Determinação do VO_{2max} em Corrida lançada (vai-vem)

- Teste de Léger de 20m: efetuado em uma distância de 20m na quadra, onde a pessoa deve fazer o percurso de ida e volta ininterruptamente. A velocidade

inicial é de 8km/h e incremento de 0,5 Km/h a cada dois minutos, com controle através de um sinal sonoro nos 20m. Considera-se a velocidade final do último estágio (V_f), quando a pessoa não consegue manter o ritmo indicado. O critério de exaustão utilizado é chegar com atraso de mais de 3m no ponto demarcado dos 20m. Resultado expresso em $\text{ml} \cdot \text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$ (LÉGER; LAMBERT, 1982).

$$\text{VO}_{2\text{max}} = (5,857 \cdot V_f) - 19,458$$

Determinação do $\text{VO}_{2\text{max}}$ em Caminhada

- Teste de 1 milha (1609m): realizado com pessoas entre 30-69 anos, consiste em percorrer a distância de 1 milha caminhando. Considerar massa corporal (MC) em libras; Idade (I) em anos; Sexo (S): mulher= 0, homem= 1; tempo (T) enunciado em minutos e centésimos de minuto (00,00); frequência cardíaca (FC) final em batimentos por minuto. Obs.: multiplicar o MC em Kg por 2,20462 para obter o valor em libras). Devido à característica da população estudada, este teste é recomendado para adultos e idosos, principalmente com limitações especiais. Resultado expresso em $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (KLINE et al., 1987).

$$\text{VO}_{2\text{max}} = 132,853 - (0,0769 \cdot \text{MC}) - (0,3877 \cdot \text{I}) + (6,315 \cdot \text{S}) - (3,2649 \cdot \text{T}) - (0,1565 \cdot \text{FC}).$$

Determinação do $\text{VO}_{2\text{max}}$ em teste de Degrau (banco)

- Teste do degrau da universidade Queens: realizado com jovens universitários, consiste em subir e descer em banco de 40,6cm de altura, onde cada ciclo compreende uma cadência de quatro degraus, ou seja, subir/subir/descer/descer. O ritmo é controlado por um metrônomo acertado para 88 batimentos/minuto para mulheres e 96

batimentos/minuto para homens. A duração do teste é de 3 minutos e ao final é tomada a frequência cardíaca (FC) em 15 segundos, do 5º a 20º segundo na recuperação, multiplicando o resultado da FC por 4 para obter o valor 1 minuto. Apesar de pouco específico, este protocolo foi idealizado para avaliação de um grande número de pessoas ao mesmo tempo, onde o próprio avaliado verifica sua FC. No entanto, a utilização de um freqüencímetro ou a verificação da FC por outra pessoa, caso o avaliado não consiga verificar sua FC, pode ser uma opção. Resultado expresso em $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (McARDLE et al., 1972).

$$\text{VO}_{2\text{max}} = 111,33 - (0,42 \cdot \text{FC}) \text{ (homens)}$$

$$\text{VO}_{2\text{max}} = 65,81 - (0,1847 \cdot \text{FC}) \text{ (mulheres)}$$

Potência e Velocidade Crítica

Mais recentemente, a potência crítica (P_{crit}) (MORITANI et al., 1981) e a velocidade crítica (V_{crit}) (WAKAYOSHI et al., 1992), ambas definidas teoricamente como a intensidade na qual o exercício pode ser mantido por um longo período de tempo sem exaustão, têm ganhado destaque por serem métodos de fácil realização e baixo custo, capazes de estimar o LAN.

A determinação da V_{crit} ou da P_{crit} é realizada através de 4 a 6 testes que devem durar entre 2 e 10 minutos (HILL, 1993), que também possibilitam a determinação da capacidade de trabalho anaeróbio (CTA). Três modelos podem ser utilizados com esta metodologia:

- Relação hiperbólica potência versus tempo;
- Relação linear potência versus o inverso do tempo.
- Relação da distância versus tempo.

3.6. Evolução da Fisiologia do Exercício e da Tecnologia no Esporte

A fisiologia do exercício é definida como uma área que procura estudar como as estruturas e funções de nosso organismo se alteram quando realizamos o exercício agudo ou crônico, enquanto que a aplicação destes conhecimentos no esporte é denominada fisiologia do esporte, uma subárea da fisiologia do exercício (WILMORE; COSTILL, 2001).

Apesar da publicação do primeiro livro de fisiologia do exercício em 1889 por LaGrange, somente a partir do início do século XX foram feitas observações mais concretas a respeito da fisiologia do exercício, como, por exemplo, a relação entre a produção de lactato e a contração muscular, feita por Fletcher e Hopkins (WILMORE; COSTILL, 2001). Outra contribuição importante nos anos 20 foi a determinação do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) por HILL e LUPTON (1923), que passou a se constituir em um índice de referência da potência aeróbia para atletas que competem em provas de longa duração e dependem de seu rendimento aeróbio.

É difícil precisar a data em que o treinamento esportivo começou a ser estudado de forma científica. Segundo COSTA (1968a), na década de 60, Raul Mollet afirmava que o conhecimento científico, até então, era utilizado para buscar explicação de descobertas empíricas. No entanto, na literatura atual há um consenso de que foi a partir dos estudos do método intervalado pelo fisiologista Reindell e o treinador Gerschler, na década de 50, que o treinamento esportivo passou a ter uma concepção científica (COSTA, 1968a; TUBINO, 1984; BILLAT, 2001).

A partir dos anos 60 começou a ocorrer um avanço científico na fisiologia do exercício com o aumento do número de laboratórios de fisiologia do

exercício pelo mundo. WASSERMAN e MACLLORY (1964) criaram a concepção de limiar anaeróbio, fenômeno estudado até hoje através de protocolos e metodologias distintas. Fisiologistas como Reindell e seus colaboradores, primeiros a descreverem o método de treinamento intervalado em um periódico científico em 1962, Per-Orlof Åstrand e o grupo de pesquisadores americanos liderados por Fox também tiveram destaque (BILLAT, 2001). Segundo WILMORE e COSTILL (2001), também se destacaram os pesquisadores escandinavos, como Bergstron, que introduziu a biopsia muscular, Per-Orloff Åstrand, que realizou inúmeros trabalhos relacionados à capacidade cardiorespiratória, os americanos Holloszy e Tipton , que começaram a utilizar ratos em estudos bioquímicos e Edgerton e Gollinick que passaram a estudar as características das fibras musculares também com ratos

As décadas posteriores foram marcadas pelas avaliações sistemáticas de atletas por fisiologistas. Além das avaliações, segundo MAGLISCHO (1999) Mader, Heck, e Hollmann, em 1976 introduziram uma nova teoria para o treinamento aeróbio, treinamento à intensidade do limiar anaeróbio, onde o metabolismo aeróbio deve ficar sobrecarregado próximo de sua capacidade máxima e não ocorra elevação da acidose, ou do lactato sangüíneo. A utilização do LAN ganhou espaço entre pesquisadores e treinadores e, além de sua utilização como um índice de avaliação aeróbia, passou também a ser utilizado como uma referência na prescrição do treinamento. Hoje, o termo treinamento no "limiar" é comum entre treinadores e atletas de provas com alta exigência aeróbia.

Atualmente, vários índices são utilizados na avaliação aeróbia nos esportes e podem auxiliar na prescrição e determinação dos efeitos do treinamento. São eles: 1-) o limiar anaeróbio, que pode ser determinado pelo lactato sangüíneo (LAN)

(MADER et al., 1976); STEGMANN et al., 1981; TEGTBUR et al., 1983), pela ventilação (LAN_v) (WASSERMAN; MCLLORY, 1964), pela frequência cardíaca (LAN_{fc}) (CONCONI et al., 1982); 2-) o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}); 3-) o tempo limite até a exaustão (T_{lim}) à velocidade do VO_{2max} (vVO_{2max}) (BILLAT, 1996); 4-) a economia de movimento (EM), que representa o custo aeróbio determinado em intensidade submáxima, pode ser outro indicador do rendimento aeróbio (DANIELS; DANIELS, 1992); 5-) a potência crítica (P_{crit}), definida como a potência máxima onde o exercício pode ser mantido por um tempo indefinido MONOD e SCHERRER (1965), adaptada por MORITANI et al. (1981) para o ciclismo e, posteriormente, para outras modalidades, com a utilização da variável velocidade, velocidade crítica (V_{crit}).

Uma tendência atual é utilizar alguns destes parâmetros para controlar a carga durante o treinamento, classificando o esforço em diferentes faixas de intensidade. No entanto, COSTA (1968b) cita que desde o final dos anos 60 havia a preocupação de classificar as aplicações da carga durante o exercício em três faixas de intensidade: aeróbia, que corresponde ao exercício prolongado de baixa intensidade, em estado estável; aeróbia-anaeróbia, que seria no limite do estado estável, tendendo ao débito de oxigênio; e em débito de oxigênio, com exercício realizado em ritmo intenso. Esta idéia é sem dúvida um grande avanço para quantificar melhor a intensidade para realização do exercício, tanto contínuo como intermitente.

Alguns destes índices, tais como a frequência cardíaca, a concentração de lactato sanguíneo e o percentual do VO_{2max} , tem sido utilizados como referência para dosar e controlar com maior objetividade a intensidade do treinamento. ZAKHAROV (1992) cita faixas de intensidade utilizadas para aplicação da carga (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação da intensidade para aplicação das cargas de trabalho durante exercício, de acordo com o metabolismo energético, frequência cardíaca, VO_{2max} e concentração de lactato sanguíneo.

Zona	Metabolismo Predominante	Índices de Referência		
		Frequência Cardíaca	VO_{2max} (%)	Lactato (mM)
I	Aeróbio Leve	Até 140	40 - 60	2
II	Aeróbio Intenso (~ Limiar Anaeróbio)	140-160	60 - 85	4
III	Aeróbio Máximo (~ VO_{2max})	160-180	70 - 95	4 - 6
IV	Anaeróbio Glicolítico	acima de 180	95 - 100	acima de 8
V	Anaeróbio Alático	-	95 - 100	-

Adaptado de ZAKHAROV (1992).

MAGLISCHO (1999) propõe, para natação, duas diferentes categorias de treinamento amplas, o treinamento aeróbio, de *endurance*, para melhorar o metabolismo aeróbio, e o treinamento de velocidade, para melhorar o metabolismo anaeróbio, apresentando três subdivisões cada uma destas categorias (tabela 2).

Várias técnicas e inovações tecnológicas têm servido para melhorar o rendimento de atletas e equipes em diferentes esportes. O uso da radiotelemetria, para monitorar a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio à distância; a utilização da fibra de carbono permitiu a melhora de rendimento nas provas de ciclismo, no salto com vara e lançamento de dardo no atletismo; a roupa de pele de tubarão tem ajudado nadadores a melhorarem suas marcas. Este avanço propiciou a inclusão de muitos deficientes físicos no mundo esportivo, através da criação de próteses e equipamentos, bem como a adaptação das regras às condições específicas de cada deficiência.

Tabela 2 - Diferentes categorias de treinamento e sua subdivisões, de acordo com o metabolismo energético, distância, velocidade, intervalo de recuperação e concentração de lactato sanguíneo, para natação.

Orientações para a Elaboração do Treinamento				
Níveis	Distância das séries (distância total) (m)	Velocidade	Intervalo	Lactato (mM)
A-1	qualquer uma (2.000 - 10.000)	*2 - 4s abaixo do LAN	5 - 30s	1 - 3
A-2	25 - 4000 (2.000 - 4.000)	no LAN	10 - 30s	3 - 5
A-3	25 - 2000 (1.500 - 2.000)	*1 - 2s acima do LAN	30s - 2min	4 - 6
AN-1	75 - 200 (300 - 1000)	a mais rápida	5 - 15min	6 - 12
AN-2	25, 50 e 75 (200 - 600)	acima de 5s do LAN	1 - 3min	acima de 12
AN-3	10 - 50 (200 - 300)	máxima	30 - 5min	-

*Tomar como base o tempo dos 100m referente à velocidade do LAN e acrescentar ou subtrair o valor indicado na tabela ao tempo dos 100m na velocidade do LAN. Adaptado de MAGLISCHO (1999).

Nos esportes coletivos, a utilização da filmagem permite analisar os movimentos realizados durante a partida e quantificar melhor as ações dos atletas para prescrever o treinamento. A utilização da informática no voleibol, por exemplo, permite analisar a estratégia e as principais jogadas do adversário e utilizá-las ainda durante o jogo. A biomecânica é outra área que tem colaborado, seja pela escolha dos melhores ângulos das articulações para realização dos movimentos ou pela análise dos movimentos durante a competição para auxiliar na prescrição do treinamento.

O avanço na nutrição esportiva também tem colaborado, com a elaboração de recursos ergogênicos permitidos, favorecendo tanto os atletas de provas aeróbias como os de provas de força e velocidade. No entanto, um fato a se lamentar quanto a esta evolução é a crescente utilização de substâncias proibidas, que além de ofuscar o brilho do esporte coloca em risco a saúde dos atletas, o “*dopping*”.

No Brasil, já podemos identificar vários laboratórios que se dedicam ao estudo da fisiologia do exercício e do esporte, principalmente vinculados a universidades e programas de pós-graduação no estado de São Paulo. Alguns vinculados às faculdades de educação física e outros vinculados às faculdades de medicina.

Inseridos nos cursos de Educação Física podemos destacar o Laboratório de Biodinâmica da UNESP de Rio Claro que concentra uma grande massa dos pesquisadores da fisiologia do exercício, tanto na área básica quanto na área aplicada ao esporte; a FEF-USP, com os laboratórios de avaliação e nutrição esportiva; os departamentos de educação física e fisiologia da UFSCar; alguns programas de pós-graduação da UNICAMP e outros laboratórios distribuídos em universidades pelo Brasil, como na UERJ, UFMG, UFSM. Dentre as faculdades de medicina destaca-se a UNIFESP, em São Paulo, que congrega vários laboratórios de fisiologia do exercício, com pesquisas na área de saúde e na avaliação e prescrição do exercício, e o INCOR em São Paulo, que também é outro centro de pesquisa que desenvolve trabalhos com o exercício físico.

3.7. Modelos Experimentais de Treinamento e de Avaliação Física que Utilizam Ratos

Mesmo com toda evolução da ciência do exercício e do esporte o estudo de alguns parâmetros bioquímicos que dependem de técnicas invasivas e a avaliação dos efeitos do treinamento nem sempre são possíveis de serem realizados em atletas de alto rendimento. Como opção para esta dificuldade, a utilização de cobaias para o estudo do treinamento físico pode ser uma ótima opção para verificar os efeitos do

treinamento e estudar as adaptações que ocorrem em função do treinamento, mesmo apesar de algumas limitações.

Em modelos experimentais de exercício com ratos, o lactato sanguíneo tem sido um parâmetro muito utilizado, pois a coleta de sangue pode ser realizada em diferentes modelos de exercício, como em esteira e natação, além de ser um ótimo indicador do metabolismo energético durante o exercício. Nestes modelos experimentais com ratos é possível manipular as variáveis de volume, intensidade e recuperação durante o exercício, controlando a carga do treinamento de acordo com os objetivos do estudo e realizar avaliações em determinados momentos, o que seria muito difícil na prática com atletas de alto rendimento, devido à interferência no programa de treinamento.

Apesar dessas possibilidades, o modelo experimental de treinamento com ratos, que procura estudar diferentes protocolos de treinamento e de avaliação, é recente na literatura e pode ser uma ótima opção de estudo para a fisiologia do exercício e do esporte.

As duas formas de exercício mais utilizadas em experimentos com ratos são o exercício de natação e a corrida em esteira. Estes dois modelos de exercício possuem protocolos distintos e servem tanto para o estudo do exercício agudo como crônico. Apesar disso, outras formas de exercício também têm sido utilizadas, tais como saltos através de estimulação elétrica (NOTOMI et al., 2000), exercício resistido através de agachamento (BUHL et al., 2001), e a realização de saltos, com o animal submerso em água, suportando uma sobrecarga de 50% da massa corporal (SILVA et al., 1999).

A utilização da corrida em esteira apresenta algumas vantagens, tais como controle da velocidade e a possibilidade de determinação do VO_{2max} , enquanto

que a vantagem da natação é o fato do animal ter uma capacidade inata de nadar. No entanto, existem limitações em ambos os modelos de exercício, na esteira alguns animais só exercitam-se quando são estimulados através de choques elétricos, o que pode estressar muito o animal, em quanto que na natação o uso de uma sobrecarga maior do que a capacidade do animal pode levar a fadiga, e conseqüentemente à morte por afogamento, se não for retirado do tanque a tempo.

O controle do ritmo durante a realização do exercício é outro aspecto que deve ser considerado, pois na esteira alguns animais podem deixar de correr descansando no fundo das baias, enquanto que na natação, o animal pode submergir, permanecendo em apnéia, e diminuir a ritmo do exercício, podendo até mesmo parar de realizar o exercício, se a profundidade do tanque permitir.

Apesar das limitações citadas anteriormente, o treinamento através do exercício de natação com ratos tem servido como modelo experimental para o estudo dos efeitos do treinamento físico em diferentes condições. Esses estudos utilizam protocolos diferentes, que variam na duração da sessão de treinamento, na sobrecarga e no período de treinamento.

Os protocolos mais utilizados são aqueles sem sobrecarga (MELLO 1992, 1994; MACHADO, 1999) e os que utilizam sobrecarga entre 2-5% da massa corporal (PERES; LUCIANO, 1995; PEREIRA et al., 1996; GOBATTO et al., 1997; LUCIANO; MELLO, 1998; MELLO et al., 1999; GALDINO et al., 2000; LUCIANO; MELLO, 1999; SANTOS et al., 2000), com duração de 1h/dia, 5 dias/semana e período de 6-8 semanas, que caracterizam um treinamento aeróbio.

Com relação ao treinamento intervalado intensivo, poucos trabalhos foram encontrados na literatura. TERADA et al. (2001) utilizaram um protocolo de alta

intensidade, com cargas variando entre 14,15 e 16% mc, 14 x 20 segundos de exercício com intervalos de 10 segundos entre cada exercício, durante 8 dias. BRAGA et al. (2001) também empregou carga relativa a 15 % mc com séries de 15 segundos de exercício por 15 de repouso. Apesar da coincidência da sobrecarga utilizada nestes trabalhos (15% mc) e da característica anaeróbia dos protocolos, nenhum deles menciona se houve alguma avaliação para se quantificar a carga de treinamento, ou seja, a carga foi determinada de forma subjetiva.

Recentemente, foram descritos protocolos para a avaliação da capacidade aeróbia no exercício de natação em ratos, determinação do estado de máximo equilíbrio de lactato (EMEL) GOBATTO et al. (2001) e do limiar anaeróbio pelo teste do lactato mínimo VOLTARELLI et al., (2002), que podem ser de grande ajuda na avaliação e caracterização do esforço em exercício de natação com ratos. Até mesmo o modelo da P_{crit} tem sido adaptado para o exercício de natação com ratos, carga crítica (C_{crit}) (MARANGON et al., 2003).

No entanto, a literatura é carente de estudos que reproduzem modelos de treinamento com humanos e que procuram avaliar e comparar os efeitos do treinamento contínuo, intervalado e da periodização na melhoria da capacidade aeróbia, utilizando o exercício de natação com ratos.

3.8. Considerações Finais

Desde que o homem começou a competir nos Jogos da Grécia Antiga, a busca pela melhora do rendimento nas diversas modalidades de exercício passou a ser um desafio. Na busca por melhores resultados, com auxílio da ciência e da tecnologia, o homem inovou e criou meios para melhorar o seu rendimento, tanto em provas com características aeróbias quanto anaeróbias ou nos esportes coletivos e de combate. A

criação de um modelo de organização do treinamento esportivo, denominado periodização, o aprimoramento dos métodos de treinamento e dos protocolos de avaliação foi fatores determinantes da evolução no esporte.

Na busca da melhoria do rendimento em provas com características aeróbias, os métodos de treinamento contínuo e intervalado têm sido amplamente empregados. No entanto, ainda não se sabe, ao certo, qual deles é o mais eficiente. Há evidências de que o treinamento intervalado intensivo possa ser a melhor estratégia para melhorar o rendimento em provas aeróbias. Alguns estudos, realizados com atletas, têm demonstrado que a ênfase na intensidade do treinamento tem dado melhores resultados do que a ênfase no volume. No entanto, mais pesquisas são necessárias para determinar até que ponto o treinamento intervalado intensivo é mais eficiente do que o treinamento contínuo ou se a ênfase na intensidade do treinamento, seja através do método contínuo ou intervalado, pode dar melhores resultados.

Considerando essas evidências, por questões éticas ou pela falta de disponibilidade de atletas para investigar cientificamente o treinamento esportivo, alguns pesquisadores têm procurado reproduzir determinados métodos de treinamento e protocolos de avaliação em modelos experimentais com ratos. Apesar dos poucos estudos que procuraram investigar exclusivamente o treinamento físico em modelos com animais, os resultados encontrados têm sido similares aos verificados com humanos. A partir do momento que for possível reproduzir os métodos de treinamento utilizados na preparação esportiva com humanos, que os protocolos de avaliação conseguirem determinar a intensidade de esforço adequada para o animal realizar o exercício e apresentarem sensibilidade para discriminar os efeitos do treinamento, o modelo experimental de exercício com ratos, seja na natação ou em esteira, será uma

ótima opção para compreender melhor os efeitos do exercício realizado por atletas que visam o rendimento máximo ou por indivíduos que procuram melhorar o condicionamento físico.

3.9. Referências

ACEVEDO, E.O.; GOLDFARB, A.H. Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold, and endurance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.21, n.5, p.563-568, 1989.

ÅSTRAND, P.; RODHAL, K. **Tratado de fisiologia do exercício**. Rio de Janeiro. 2ª ed. 1980. 617p.

AZEVEDO, J. R. M. **Determinação de parâmetros bioquímicos em ratos sedentários e treinados durante e após o exercício agudo de natação**. 1994. 174 f. Tese (doutorado em ciências – área de concentração: fisiologia) - Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 1994.

BILLAT, V.L.; KORALSZTEIN, J.P. Significance of the velocity at VO_{2max} and time to exhaustion at this velocity. **Sports Medicine**, Auckland, v.22, p.90-108. 1996.

BILLAT, V.L. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. **Sports Medicine**, Auckland, v.22, n.3, p.157-175. 1996.

BILLAT, V.L.; FLECHET, B.; PETIT, B.; MURIAUX, G.; KORALSZTEIN, J-P. Interval training at VO_{2max} : effects on aerobic performance and overtraining markers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31, n.1, p.156-163. 1999.

BILLAT, V.L.; BOCQUET, V.; SLAWINSKI, J.; LAFFITE, L.; DEMARLE, A. CHASSAING, P.; KORALSZTEIN, J.P. Effect of a prior intermittent run at vVO_{2max} on oxygen kinetics during an all-out severe run in humans. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v.40, p.185-194. 2000.

BILLAT, V.L. Interval training for performance: a scientific and empirical practice: special recommendations for middle and long-distance running. Part I: aerobic interval training. **Sports Medicine**, Auckland, v.31, n.1, p. 13-31, 2001.

BRAGA, L.R.; MELLO, M.AR.; GOBATTO, C.A. Ganho de peso e gordura corporal de ratos obesos submetidos ao treinamento contínuo e intermitente. **Motriz**, Rio Claro, v.7, n.1(Supl), p.S209, 2001.

BUHL K.M.; JACOBS, C.R.; TURNER, R.T.; EVANS, G.L.; FARELL, P..A; DONAHUE, H.J. Aged bone displays an increased responsiveness to low-intensity resistance exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.90, n.4, p.1359-64, 2001.

BURKE, E.R. et al. Characteristics of skeletal muscle competitive cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.9, p.109-112, 1977.

- CAIOZZO, V.J. et al. An comparison of gas indices used to detect the anaerobic threshold. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.53, p.1184-1189, 1982.
- CHILIBECK, P.D.; BELL, G.J.; FARRAR, R.P.; MARTIN, T.P. Higher mitochondrial fatty acid oxidation following intermittent versus continuous endurance exercise training. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v.76, n.9, p. 891-894, 1998.
- CHIROL, A.; PARREIRA, C.A.; COUTINHO, C.A.; CARLESSO, R. Planos de condicionamento físico da seleção brasileira de futebol (1970 a 1974). Rio de Janeiro, **Confederação Brasileira de Futebol (CBF)**, ano 5, n.5, p.28-49, 1974.
- CHRISTMASS, M.A.; DAWSON, B.; PASSERETTO, P.; ARTHUR, P.G. A comparison of skeletal muscle oxygenation and fuel use in sustained continuous and intermittent exercise. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.80, n.5, p.423-435. 1999.
- CONCONI et al. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. **Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology**, Bethesda, v.52, p.869-873. 1982.
- COOPER, K.H. **Capacidade aeróbia**. Rio de Janeiro: Fórum, 1972.
- COSTA, L. P. Histórico, evolução e fundamentos do treinamento moderno In: _____ (Org.). **Introdução à moderna ciência do treinamento desportivo**. Brasília: Ministério de Educação e Cultura. Divisão de Educação Física. p. 1-34, 1968a.
- COSTA, L. P. Obtenção da resistência e da endurance: treinamento com cargas intervaladas In: _____ (Org.). **Introdução à moderna ciência do treinamento desportivo**. Brasília: Ministério de Educação e Cultura. Divisão de Educação Física. p. 225-230 1968b.
- COSTILL, D.L. Physiology of marathon running. **JAMA**, Chicago, v.221, p.1024-1029, 1972.
- COSTILL, D.L. et al. Fractional utilization of aerobic capacity during distance running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.5, p.248-252, 1973.
- COSTILL, D.L. The relationship between selected physiological variables and distance running performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v.7, p.610-616, 1976.
- COYLE, E.F. et al. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.23., p.93-107, 1991.
- DANIELS, J.T.; YARBOUGH, R.A.; FORSTER, C. Changes in VO_{2max} and running performance with training. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.39, p.249-254, 1978.
- DANIELS, J.A.; DANIELS, S.N. Running economy of elite male and elite female runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.24, p.483-489. 1992.
- DAVIS, J.A. et al. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.41, p.544-550, 1976.

- DENADAI, B.S. **Índices fisiológicos de avaliação aeróbia: conceitos e aplicações.** Ribeirão Preto: B.S.D, 1999.
- DIAZ-HERRERA, P.; GARCIA-CASTELLANO, J.M.; TORRES, A.; MORCUENDE, J.A.; CALBERT, J.A.; SARRAT, R. Effect of high-intensity running in rectus femoris muscle fiber in rats. **Journal of Orthopaedic Research**, New York, v.19, n.2, p. 229-32, 2001.
- DONNELLY, J.E.; JACOBSEN, D.J.; HEELAN, K.S.; SEIP, R.; SMITH, S. The effects of 18 months of intermittent vs continuous exercise on aerobic capacity, body weight and composition, and metabolic fitness in previously sedentary, moderately obese females. **International Journal of Obesity**, London, v.24, n.5, p.566-56, 2000.
- EKBLUM, B. Effect of physical training on circulatory response to exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.24, n.4, p.518-528, 1968.
- ESSEN, B.; HAGENFELDT, L. KAIJSER, L. Utilization of blood-borne and intramuscle substrates during continuous and intermittent exercise in man. **Journal of Physiology**, London, v.265, n.2, p.489-506, 1977.
- FERREIRA L.D.; BRAU, L.; NIKOLOVISKI, S.; RAJA, G.; PALMER, T.N.; FOUMIER, P.A. Effect of streptozocin-induced diabetes on glycogen resynthesis in fasted rats post-high-intensity exercise. **American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v.280, n.1, E83-91, 2001.
- GAESSER, G.; POOLE, D.C. Lactate and Ventilatory threshold: disparity in time course of adaptation to training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.61, p.999-1004, 1986.
- GALDINO, R.; ALMEIDA, C.C.S.; LUCIANO, E.; MELLO, M.A.R. Protein malnutrition does not impair glucose metabolism adaptations to exercise training. **Nutrition Research**, New York, v.20, n.4, p.527-535, 2000.
- GASKILL, S.E.; SERFASS, R.C.; BACHARACH, D.W.; KWLLY, J.M. Responses to training in cross-country skiers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31 n.8, p.1211-1217, 1999.
- GOBATO, C.A.; SIBUYA, C.; KOKUBUN, E.; MELLO, M.A.R.; Muscle glycolytic flux of malnourished, recovered and exercise-trained rats. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.29 n.5(Suppl.), p.S, 1997.
- GOBATO, C.A.; MELLO, M.A.R.; SIBUIA, C.Y.; AZEVEDO, J.R.M.; SANTOS, L.A.; KOKUBUN, E., Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, Oxford, v.130, n.1, p.21-7, 2001.
- GODOY, L. **Os Jogos Olímpicos na Grécia Antiga.** São Paulo, Nova Alexandria. 1996. 131p.
- HAGBERG, J.M. & COYLE, E.F. Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.15., p.287-289, 1983.
- HARNISH, C.R.; SWENSEN, T.C.; PATE, R.R. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.33, n.6, p.1052-1055. 2001.

HAWLEY, J.A.; MYBURGH, K.H.; NOAKES, T.D.; DENNIS, S.C. Training techniques to improve fatigue resistance and enhance endurance performance. **Journal of Sports Sciences**, London, v.15., p.325-333, 1997.

HEGEDÜS, J. **Teoria general y especial del entrenamiento deportivo**. Buenos Aires. Editorial Stadium. p.278, 1973.

HILL, A.V. & LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid, the supply and utilization oxygen. **Quarterly Journal Medicine**, Oxford, v.16, p.135-171, 1923

HILL, D. W. The critical power concept. **Sports Medicine**, Auckland, v.16: 237-254, 1993.

HILL. D. W. Energy system contribution in middle-distance running events. *Journal of Sports Medicine*, Baltimore MD, v.17, p.477-483. 1999.

HOLMER, I. et al. Maximal oxygen uptake in swimming and running by elite swimmers. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.36, p.711-714, 1974.

HOOP, J. F.; PALMER, W. K. Effect of electrical stimulation on intracellular triacylglycerol in isolated skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.68, p.348-354, 1990.

HURLEY, B.F.; HAGBERG, J.O.; ALLEN, W.K. et al. Effects of training on blood lactate levels during submaximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.56, p.1260-1264, 1984.

JONATH. U. **Entrenamiento en Circuito**. Buenos Aires. Paidós. 1966. 198p.

KARLSSON, J.L.; NORDESJO, L.O. JORFELDT, T.; SALTIN, B. Muscle lactate, ATP and CP levels during exercise after physical training in man. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.33, p.199-203, 1972.

KINDERMANN, W. SIMON, G. KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.42., p.25-34, 1979.

KLINKE, G. et al. Estimation of VO_{2max} from the one-mile track walk, gender, age and body weight. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, V.19, p. 253, 1987.

KOHRTH, W.M et al. Longitudinal assessment of responses by triathletes to maximal swimming, cycling and running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.21, p.569-575, 1989.

LANCELLOTTI, S. **Olimpíadas, 100 anos: história completa dos Jogos**. São Paulo: Círculo do Livro, 1996.

LAURSEN, P.B.; JENKINS, D.G. The scientific basis for high-intensity interval training. **Sports Medicine**, Auckland, v.32, n.1, p.53-73. 2002.

LÉGER, L.A & LAMBERT, J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO_{2max} . **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.49, p.1-12. 1982.

LEITE, P.F. **Fisiologia do exercício, ergometria e condicionamento físico**. Rio de Janeiro: Atheneu, 1984.

- LINDSAY, F.H., HAWLEY, J.A.; MYBURGH, K.H.; SCHOMER, H.H.; NOAKES, T.D.; DENNIS, S.C. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28, n.11, p.1427-1434, 1996.
- LUCIANO, E. & MELLO, M.A.R. Atividade física e metabolismo de proteínas em músculo de ratos diabéticos experimentais. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.12, n.2, p.202-209, 1998.
- LUCIANO, E. & MELLO, M.A.R. Efeitos do exercício crônico sobre as proteínas no diafragma de ratos diabéticos. **Motriz**, Rio Claro, v.5, n.2, p.146-151, 1999.
- MacDOUGALL, J.D.; HICKS, A.L.; MacDONALD, J.R.; McKELVIE, R.S.; GREEN, H.J.; SMITH, K.M. Muscle performance for the rapid improvement of enzymatic adaptations to sprint interval training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.84, p.2138-2142, 1998.
- MACHADO, C.K.; ANDRADE, S.C.R.; VEIGA, M.C.F.A.; CASTRO, J.C.B. Efeito do exercício na hipertensão renovascular crônica em ratos. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v.4, n.1, p.11-17, 1999.
- MADER, A.; LIESEN, H.; HECK, H.; PHILIPPI, H. SCHÜRCH, P.M.; HOLLMANN, W.; Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. **Sportarzt und Sportmedizin**, Köln, v. 27 (4,5): 80-88, 109-112. 1976.
- MADER, A.; HECK, H. A theory of the metabolic origin of anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.7, p.45-65, 1986.
- MAGLISCHO, E. W. **Nadando ainda mais rápido**. São Paulo: Manole, cap. 5, p.73-97. 1999.
- MANSO, J.M.G.; VALDIVIESO; M.N; CABALERRO, J.A. **Planificación del entrenamiento deportivo**. Madrid: Gymnos Editorial, 1996.
- MARANGON, L.; ZAGATTO, A.M.; PAPOTI, M.; MELLO, M.A.R.; GOBATTO, C.A. Utilização do modelo hiperbólico para a determinação da carga crítica em ratos submetidos à natação. **Motriz**, Rio Claro, v.9, n.1, Suplemento, p.S42. 2003.
- MARTIN, D.E.; VROON, D.M.; MAY, A.F.; PILBEAM, S.P. Physiological changes in elite male distance runners training for olympic competition. **Physician and Sportsmed**. v.14, p.152-171, 1986.
- MATVÉIEV, L.P. **Treinamento desportivo: metodologia e treinamento**. São Paulo Phorte, 1997.
- McARDLE, W.D. et al. Reability and inter-relationships between maximal oxygen intake, physical work capacity, and step-test scores in college women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.4: p.182, 1972.
- MELLO, M.A.R. Effect of exercise during pregnancy and damage on maternal blood chemistry and fetal growth. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.25, n.5, p.537-542, 1992.
- MELLO, M.A.R. Effects of intrauterine and postnatal protein-calorie malnutrition on metabolic adaptations to exercise in young rats. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.27, n.10, p.2461-6, 1994.

- MELLO, M.A.R. VILLAR, R.; ALMEIDA, A.G.; LUCAS, R.D.; ROSA, M.R.R.; PALLA, A.C. Glucose ingestion, blood glucose and lactate levels during exercise in protein-malnourished recovered rats. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31, n.5 (Suppl.), p.S196, 1999.
- MOGNOMI, P. et al. Physiological responses during prolonged exercise at the power out corresponding to the blood lactate threshold. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.60, p.239-243. 1990.
- MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, London, v.8, p.331-338. 1965
- MORITANI, T.A. et al. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, London, v.24, p339-350, 1981.
- NOTOMI, T.; OKAZAKI, Y.; OKIMOTO, N.; SAITOH, S.; NAKAMURA, T.; SUZUKI, M. A comparison of resistance and aerobic training for mass, strength and turnover of bone in growing rats. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.83, n.6, p.469-74, 2000.
- OLBRECHT, J.; MADSEN, O.; MADER, A.; LIESEN, H.; WOLLMANN, W. Relationship between swimming and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.6, n.2, p.74-77, 1985.
- OYONO-ENGUELLE, S. Et al. Blood lactate during constant-load exercise at aerobic and anaerobic threshold. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.60, p.321-330. 1990
- PEREIRA, B.; ROSA, L.F.B.P.C.; BECHARA, E.J.H.; CURI, R. Antioxidant enzyme activities in the lymphoid organs and macrophages of rats trained to perform moderate exercise. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.48, n.1/2, p.43-46, 1996.
- PERES, S. & LUCIANO, E. Influência de esteróide anabólico (deca-durabolin) sobre o metabolismo de ratos submetidos ao treinamento físico. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.9, n.2, p.131-137, 1995.
- POWERS, S.K.; HOWLEY, E.D. **Fisiologia do Exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. São Paulo: Manole, 2000.
- ROCHA, P.S.O. **Treinamento Desportivo**. Brasília: (MEC - Departamento de Documentação e Divulgação). p.9-12, 1983.
- RODAS, G.; VENTURA, J.L.; CADEFAU, J.A.; CUSSO, R.; PARRA, J. A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.82, p.480-486, 2000.
- ROGATTO, G.P. **Efeitos do treinamento físico de alta intensidade sobre aspectos endócrino-metabólicos de ratos Wistar**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências da Motricidade – Área Biodinâmica da Motricidade). Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro, 2001.
- SALTIN, B.L.; HARTLEY, H.; KILBOM, A.; ÅSTRAND, I. Physical fitness in sedentary middle-aged and older man. I. Oxygen uptake, heart rate and blood lactate concentration at submaximal exercise. **Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation**, Oslo, v.24, p.323-334, 1969.

SANTOS, L. A obtenção da força. In: COSTA, L. P (Org.). **Introdução à moderna ciência do treinamento desportivo**. Brasília: Divisão de Educação Física (Ministério de Educação e Cultura). p. 119-168, 1968.

SANTOS, J.W.; LUCIANO, E.; MELLO, M.A.R. Treinamento aeróbio e prevenção da diabetes induzida por aloxana em ratos. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.5, n.3, p.31-41, 2000.

SANTOS, J.W. & MELLO, M.A.R. Efeito do treinamento contínuo e intervalado de natação na adiposidade corporal de ratos. In: Congresso de Educação Física e Ciências do Desporto dos Países de Língua Portuguesa, 9, 2002, São Luís, Maranhão. **Anais...** São Luís: UFMA, 2002, jul-ago, p.208.

SCHIMOLINSKY, G. **Atletismo**. Lisboa: Estampa, 508 p. 1982.

SILVA, F.M. Planejamento e Periodização do Treinamento Desportivo: Mudanças e Perspectivas. In: SILVA, F.M. (Org.). **Treinamento Desportivo: reflexões e experiências**. João Pessoa: Ed. Universitária. (UFPB), p. 29-48, 1998.

SILVA, M.P.; MARCONDES, M.C.C.G.; MELLO, M.A.R. Exercício aeróbio e anaeróbio: efeitos sobre a gordura sérica e tecidual de ratos alimentados com dieta hiperlipídica. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.4, n.3, p.43-56, 1999.

SIMÕES, H.G. **Comparação entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio em testes de pista para corredores**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Carlos. 1997.

SIMÕES, H.G. et al. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.80, p.34-40. 1999.

SIMÕES, H.G. et al. Lactate minimum test in swimming: relationship to performance and maximal lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, Supplement. 2000.

SIMON, J. et al. Lactate accumulation relative to the anaerobic and respiratory compensation threshold. **Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology**, Bethesda, v.54, p.13-17, 1983.

SJODIN, B.I.; JACOBS, I.; SVENDINHAG, J. Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA). **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.49, p.45-57. 1982.

SPENCER, M. R. & GASTIN, P.B. Energy contribution during 200 to 1500m running in highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.33, p.157-162. 2001.

STEGMANN, H. et al. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.2, p.160-165, 1981.

STEPTO, N.K.; HAWLEY, J.A.; DENNIS, S.C. HOPKINS, W.G. Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31, n.5, p.736-741, 1999.

TABATA, I.; NISHIMURA, K.; KOUZAKI, M.; HIRAI, Y. OGITA, F.; MIYACHI, M.; YAMAMOTO, K. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic and VO_{2max} . **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28., n.10, p.1327-1330, 1996.

TABATA, I.; IRISAWA, K.; KOUZAKI, M.; NISHIMURA, K.; OGITA, F.; MIYACHI, M.; YAMAMOTO, K. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.29, n.3, p.390-395, 1997.

TANAKA, TANAKA K, WATANABE H, KONISHI Y, MITSUZONO R, SUMIDA S, TANAKA S, FUKUDA T, NAKADOMO F. Longitudinal associations between anaerobic threshold and distance running performance. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.55, n.3, p.248-52, 1986.

TEGTBUR, U. et al. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.25, p.620-627, 1993.

TERADA, S.; YOKOZEKI, T.; KAWANAKA, K.; OGAWA, K. HIGUCHI, M.; EZAKI, O.; TABATA, I. Effects of high-intensity swimming training on glut-4 and glucose transport activity in rat skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.90, n.6, p.2019-24, 2001.

TUBINO, M.J.G. **Metodologia científica do treinamento esportivo**. Rio de Janeiro: Ibrasa. 3 ed. 435 p. 1984.

URHAUSEN, A.; COEN, B.; WELER, B.; KINDERMANN, W. Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart , v.14, p.134-139. 1993.

VOLTARELLI, F.A., GOBATTO, C.A. MELLO, M.AR. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.35, n.11:1389-94, 2002.

WAKAYOSHI, K. et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.64, p.153-157, 1992.

WASSERMAN, K.; McLLORY, M.B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **American Journal of Cardiology**, New York, v.14, p.844-852, 1964.

WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. São Paulo: Manole. 709p., 2001.

WISLOFF, U.; HELGERUD, J.; KEMI, O.J.; ELLINGSEN, O. , Intensity-controlled treadmill running in rats: VO_{2max} and cardiac hypertrophy. **American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology**, Bethesda, v.280, n.3, p.H1301-10, 2001.

YOSHIDA, T. et al. The validity of anaerobic threshold determination by Douglas bag method compared with arterial blood lactate concentration. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.46, p.423-430, 1981.

ZAKHAROV, A. **Ciência do treinamento desportivo**. Rio de Janeiro: Grupo Palestra Sport. 338 p.1992.

4. ESTUDO II: DETERMINAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO ATRAVÉS DE TESTE INCREMENTAL DE NATAÇÃO COM RATOS

4.1. Introdução

WASSERMAN e MCLLORY (1964) definiram o termo limiar anaeróbio como ponto onde ocorre um aumento abrupto na ventilação (LAN_v). Como um parâmetro alternativo, a determinação do limiar anaeróbio pelo lactato sangüíneo (LAN) tem sido utilizada com freqüência como índice de avaliação aeróbio. O LAN é identificado, em teste incremental, no ponto onde após um aumento linear, ocorre um aumento abrupto na concentração de lactato. O LAN tem demonstrado melhor correlação com a performance (COYLE et al., 1991), e mais sensibilidade às adaptações do treinamento (TANAKA et al., 1984), comparado com o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}). O LAN representa uma intensidade na qual o metabolismo aeróbio é exigido ao máximo, onde é verificado o máximo equilíbrio dinâmico de lactato (EMEL). Acima desta intensidade a ressíntese de ATP é complementada pela via anaeróbia láctica o que ocasiona aumento na concentração de lactato sangüíneo, ou seja, não ocorrência do EMEL.

Diferentes terminologias e metodologias têm sido empregadas na determinação do LAN. MADER et al. (1976) propuseram o termo limiar aeróbio-anaeróbio, o que para KINDERMANN et al. (1979) corresponde ao Limiar Anaeróbio e

para SJODIN e JACOBS (1981) corresponde ao OBLA, *onset of blood lactate accumulation*. Com relação à utilização da concentração fixa de lactato, HECK et al. (1985) sugerem a adoção da concentração de 3,5 mM de lactato para protocolos com cargas incrementais de até 3 min e de 4 mM para cargas entre 3-5 min. Apesar da concentração fixa de 4mM ser amplamente utilizada, STEGMANN et al. (1981) propuseram o limiar anaeróbio individual (IAT), determinado por uma tangente da curva de lactato obtida quando a lactacidemia durante a recuperação se iguala a do final do exercício incremental. Posteriormente, TEGTBUR et al. (1993) criaram o teste de lactato mínimo, realizado através de um estímulo intenso para elevação da lactacidemia, seguido de teste incremental, onde o menor valor da concentração de lactato sanguíneo durante o teste é considerado o LAN. Apesar dessas diferentes metodologias e terminologias, o LAN tem sido muito utilizado como índice de avaliação aeróbia, para predição do rendimento, prescrição do treinamento e verificação dos efeitos do treinamento aeróbio.

A determinação do EMEL, que identifica o máximo estado de equilíbrio de lactato, é realizada através de testes retangulares, com carga fixa, por 30min, em diferentes dias até que se encontre a intensidade de máximo equilíbrio de lactato, e tem sido utilizado para validar os protocolos que procuram determinar o LAN. HECK et al. (1985) propõem que a concentração de lactato não aumente mais que 1mM de lactato durante 20 minutos finais de exercício contínuo com carga fixa para determinação do EMEL. A maioria dos estudos tem utilizado testes com trinta minutos de duração (BENEKE, 1995; HARNISH et al., 2001; MacINTOSH et al., 2002; DEKERLE et al., 2003).

Apesar do LAN ser considerado um dos melhores índices de avaliação aeróbia e de grande utilidade para a prescrição e para o estudo dos efeitos do treinamento esportivo, nem sempre é possível a realização de testes e intervenção no treinamento de atletas ou equipes. Além disso, metodologias invasivas como a coleta de sangue para a dosagem de lactato nem sempre tem a colaboração de atletas e treinadores.

De maneira alternativa, modelos experimentais com ratos, têm sido utilizados para o estudo da fisiologia do exercício em condições onde o estado fisiológico é alterado, desnutrição protéica (GOBATTO et al., 1997; MELLO et al., 1999; GALDINO et al., 2000); Obesidade (BRAGA et al., 2001); Hipertensão (MACHADO et al., 1999); diabetes mellitus (LUCIANO; MELLO, 1998; SANTOS et al., 2000; FERREIRA et al., 2001); uso de dieta hiperlipídica (SILVA et al., 1999).

Dentre os modelos experimentais que utilizam ratos como cobaias, o exercício de natação tem demonstrado respostas semelhantes às observadas em exercício com humanos. Apesar disso, GOBATTO et al. (2001a) citam que a maior limitação no estudo com ratos tem sido a falta de precisão na determinação da sobrecarga de esforço para o animal realizar o exercício.

Assim como em humanos, a determinação do LAN em ratos é um importante parâmetro para avaliação dos efeitos do treinamento aeróbio e determinação da sobrecarga de esforço na qual o animal realizará o exercício. No entanto, poucos estudos procuraram determinar o LAN, em modelos experimentais com ratos. PILIS et al. (1993) determinaram o LAN em ratos utilizando esteira. Mais recentemente, GOBATTO et al. (2001b) e VOLTARELLI et al. (2002) determinaram a intensidade de

esforço no exercício de natação com ratos através do EMEL e do LAN pelo lactato mínimo, respectivamente.

Para caracterizar melhor a intensidade de esforço e auxiliar na prescrição do treinamento no exercício de natação com ratos, este trabalho tem como objetivo verificar se a resposta de lactato sangüíneo em teste incremental de natação com ratos apresenta o mesmo comportamento da observada em humanos, e se é possível determinar o LAN em ratos sedentários.

4.2. Materiais e Métodos

4.2.1. Animais

Foram utilizados ratos Wistar pesando entre 350 e 420g (60-85 dias de idade), provenientes do Biotério Central da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu. Os animais foram adaptados por 7 dias, antes do início do experimento, ao Biotério do Laboratório de Biodinâmica do Departamento de Educação Física, IB, Rio Claro, alojados em gaiolas de polietileno medindo 37,0 x 31,0 x 16,0 cm, 5 animais/gaiola, a temperatura de 25 ± 1 °C e fotoperíodo claro/escuro 12/12 horas, com livre acesso à água e ao alimento (ração Labina, Purina), durante todo experimento.

4.2.2. Grupos e delineamento experimental

Foram realizados dois testes incrementais para determinação do LAN em animais sedentários, separados em grupos de acordo com a característica do teste. Foram comparados os resultados do LAN quanto ao percentual da massa corporal (% mc), lactato sangüíneo (mM) e comportamento da curva de lactato/carga. Os animais

foram pesados 48h antes dos testes e a sobrecarga estipulada em função do percentual da massa corporal (% mc).

Grupo (TIC): n=8, animais submetidos a um teste incremental com aumento de cargas contínuo a cada três minutos, com 6 estágios.

Grupo (TID): n=8, animais submetidos a um teste incremental com 4 estágios, aumento de cargas descontínuo com estágios de 3 minutos e 5 minutos de intervalo entre os estágios.

4.2.3. Ajuste da Sobrecarga durante os Testes

O incremento da sobrecarga durante os testes foi feito com pedaços de chumbo colocados (Figura 1- A), em pequenas mochilas de tecido, com velcro em sua abertura (Figura 1- B) e elástico para fixa-las ao animal. O ajuste da sobrecarga foi feito com auxílio de balança semi-analítica da marca Marte, modelo AL500, ajustando a sobrecarga em decigramas (dg) através de pequenos pedaços de chumbo, calibrados previamente de 0,01 a 50g e considerando a sobrecarga total igual ao peso da mochila mais o peso do chumbo e eram atadas ao tórax do animal (Figura 1- C).

4.2.4. Características dos tanques para realização dos testes

Em todos os testes os animais realizaram o exercício de natação em tanques com a profundidade de 45cm. Para verificar se há diferença entre a realização do exercício em grupo e individualmente, os animais do grupo TIC realizaram o teste em tanque coletivo, com 4-5 animais por vez, medindo 45cm x 45cm e 60cm de altura. No TID os animais foram avaliados em tanques com separações individuais (tubos de PVC de 25cm de diâmetro).

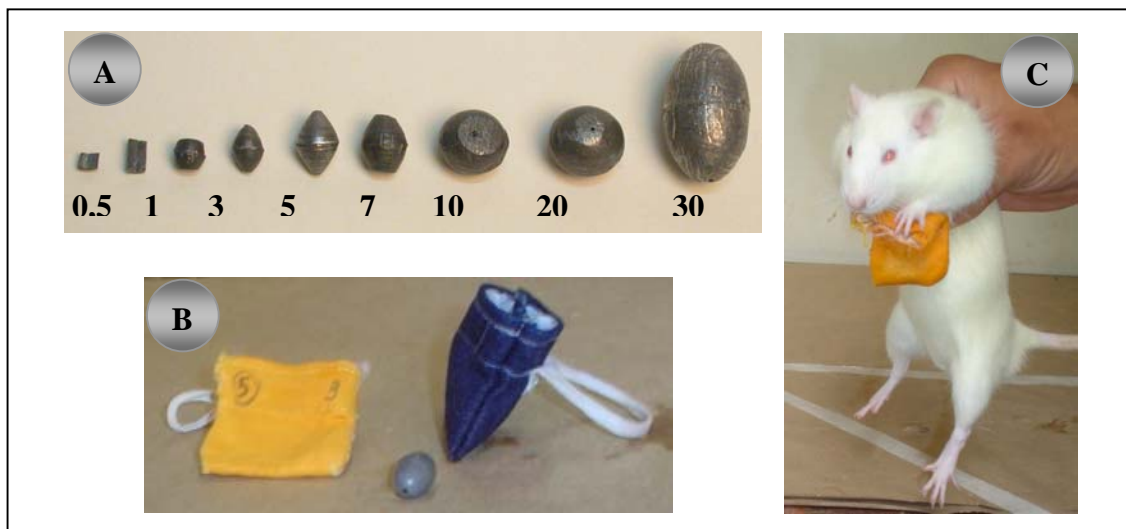


Figura 1 – Peças de chumbo para aumento da sobrecarga (A), mochilas (B) e o rato com a sobrecarga (C).

4.2.5. Adaptação dos Animais ao Meio Líquido antes dos Testes

Para amenizar o efeito do estresse do exercício e da água durante o teste, na semana anterior aos testes todos os animais passaram por um período de adaptação ao meio líquido com duração de 5 dias, 1 sessão/dia, durante 3 minutos de exercício de natação, nos respectivos tanques, onde foram realizados os testes. A temperatura da água foi mantida em $31 \pm 1^\circ\text{C}$ através de aquecedor elétrico com a profundidade de 45 cm.

4.2.6. Teste Incremental Contínuo (TIC)

O TIC foi realizado com animais sedentários, de forma incremental, seis estágios, carga inicial de 2% mc, aumento da carga em 1% mc a cada estágio de três minutos e intervalos de 30s entre os estágios, apenas para o acréscimo da carga e coleta de sangue, para dosagem de lactato. Esse teste foi realizado para verificar se a resposta da concentração de lactato sanguíneo em teste incremental é similar a de humanos.

4.2.7. Teste Incremental Descontínuo (TID)

O TID foi realizado com animais sedentários, submetidos a um teste incremental descontínuo com quatro estágios, sobrecarga inicial de 1% mc, aumento da carga em 2% mc a cada estágio de três minutos, e intervalos de cinco minutos entre os estágios, para a coleta de sangue, aumento da carga e para verificar se o intervalo entre os estágios não influencia a resposta lactacidêmica, em teste incremental. A escolha das cargas para realização do TID foi feita com base no LAN, determinado no TIC, considerando as cargas abaixo, próximas e acima do LAN.

4.2.8. Determinação do LAN

Para identificação do LAN de cada animal, primeiro foi determinado o ponto onde ocorre um aumento abrupto de lactato (AL), por inspeção visual. A partir desse ponto foi realizada uma regressão linear segmentada, considerando os pontos das retas abaixo e acima do AL, obtidas com auxílio do programa Microsoft Excel 2000. O LAN, expresso em % mc, foi determinado pela intersecção das duas retas, calculado através de uma equação de igualdade entre os valores de "Y" das duas equações de regressão, isolando-se o "X" da equação, que representa o LAN em % mc (Equação 1). A concentração de lactato sanguíneo correspondente ao LAN foi obtida substituindo-se o valor de "X", em uma das equações e calculando "Y" (Y= concentração de lactato sanguíneo referente ao LAN).

Equação 1- Igualdade entre os valores de "Y", para determinação do LAN

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= Y_2 \\
 a_1X + b_1 &= a_2X + b_2 \\
 a_1X - a_2X &= b_2 - b_1 \\
 X &= \frac{(b_2 - b_1)}{(a_1 - a_2)}
 \end{aligned}$$

4.2.9. Coleta de sangue e análise de lactato

A coleta de sangue foi feita pela extremidade da cauda dos animais imediatamente ao final de cada estágio dos testes. Ao final de cada estágio, antes de cada coleta de sangue, os animais foram retirados dos tanques e tiveram a cauda enxugada com auxílio de papel toalha, para posteriormente serem coletados 25 μ L de sangue. Após este procedimento os animais eram recolocados nos tanques de acordo com o protocolo de cada teste. O lactato sangüíneo foi analisado através do método eletroquímico utilizando o aparelho YSL 1500 sport.

4.2.10. Análise Estatística

Os resultados foram analisados através de teste-*t* para amostras independentes. O nível de significância foi pré-fixado em 5% (COSTA NETO, 1977).

4.3. Resultados

Os valores médios do LAN, assim como as concentrações de lactato sangüíneo referente ao LAN não diferiram entre os dois testes (tabela 1). Os valores médios do LAN e da concentração de lactato sangüíneo, entre todos os animais avaliados, foram $5,3 \pm 0,2\%$ mc e $5,9 \pm 0,4$ mM, respectivamente. Em um dos animais do TID não foi possível determinar o LAN, pois a concentração de lactato sangüíneo apresentou comportamento linear. A tabela 1 apresenta os resultados do LAN e de suas respectivas concentração de lactato sangüíneo dos grupos TIC e TID.

Tabela 1 - Massa corporal (g), intensidade do LAN relativa à massa corporal (% mc) e as respectivas concentrações de lactato sanguíneo (mM) nos testes TIC e TID.

Grupos	Massa Corporal (g)	Limiar Anaeróbio (% mc)	Lactato (mM)
TIC (n=8)	421,9 ± 15,1	5,1 ± 0,4	5,9 ± 0,3
TID (n=7)	348,3 ± 5,5*	5,4 ± 0,1	7,3 ± 0,6

Valores expressos em média ± erro padrão da média. *Diferença significativa entre TIC e TID, *teste-t* para amostras independentes, $p < 0,05$.

Na Figura 2 são apresentados exemplos de como foi determinado o LAN em um animal do grupo TIC e do TID. A curva de lactato versus carga no teste TIC apresentou inicialmente um aumento linear na concentração de lactato sanguíneo, seguido de certa estabilização seguida de um aumento abrupto, identificado como LAN. No teste descontínuo TID, este comportamento também pôde ser observado.

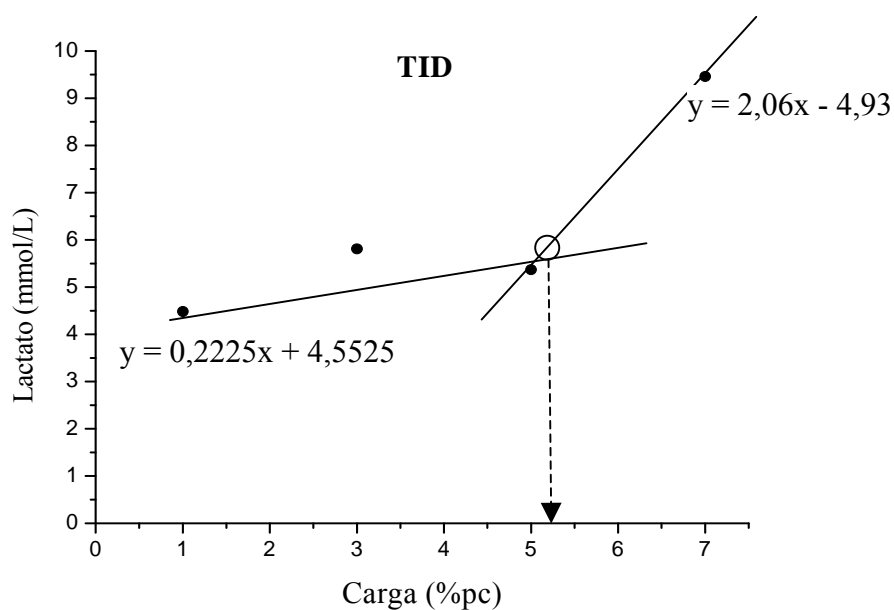
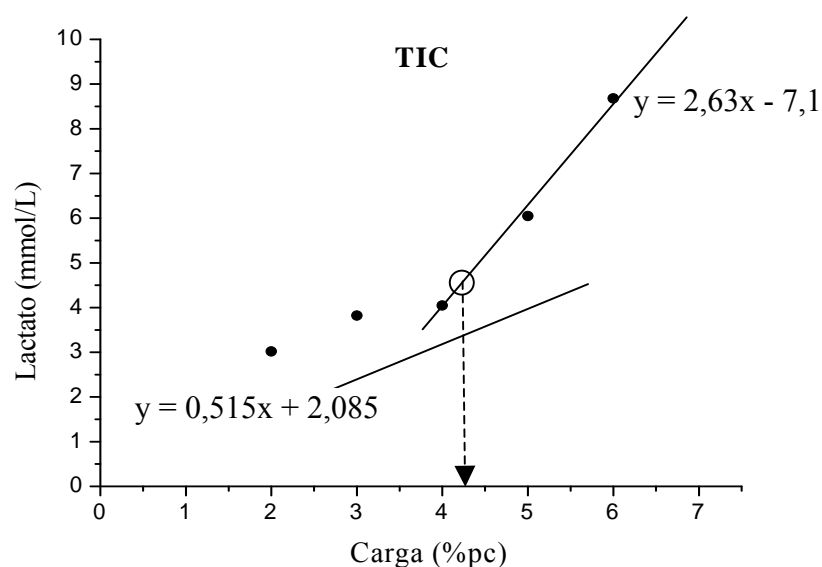


Figura 2 - Comportamento da curva de lactato sangüíneo versus carga, em um animal de cada grupo, durante os testes TIC= teste contínuo com seis cargas e TID= teste descontínuo com quatro cargas. O LAN foi determinado através da intersecção das retas abaixo e acima do ponto onde ocorre aumento abrupto da concentração de lactato sangüíneo e calculado através da igualdade dos valores de “Y” das equações de regressão linear dessas retas obtidas com auxílio do programa Microsoft Excel 2000. No gráfico estão apresentadas as equações das retas e os pontos de intersecção das mesmas com as setas indicando o LAN. (TIC, LAN= 4,3% mc e concentração de lactato sangüíneo= 4,3mM; TID, LAN= 5,2% mc concentração de lactato sangüíneo= 5,7mM).

4.4. Discussão

Apesar de diferentes metodologias empregadas para determinação do LAN em humanos, o aumento abrupto na curva de lactato sanguíneo versus carga, em exercício incremental, é uma característica que define o LAN.

Nossos resultados demonstram que é possível determinar o limiar anaeróbio de lactato (LAN) em teste incremental, no exercício de natação com ratos, assim como PILIS et al. (1993) determinaram o LAN no exercício incremental na esteira e VOLTARELLI et al. (2002) determinaram o LAN pelo lactato mínimo em exercício de natação com ratos.

A concentração de lactato sanguíneo depende do balanço entre a produção de lactato pelos músculos ativos e do ritmo de remoção/oxidação do lactato pelos diversos tecidos, como rins, fígado coração e fibras musculares tipo I (BROOKS, 1991). Os valores médios das concentrações de lactato sanguíneo dos testes TIC e TID não apresentaram comportamento semelhantes entre si, possivelmente, devido à diferença entre os protocolos quanto ao número de estágios, a amplitude de aumento das cargas e a característica contínua e descontínua de cada teste, que devem ter influenciado a resposta. No entanto, foi possível observar na maioria dos animais, um aumento abrupto na curva de lactato versus carga, que caracteriza o LAN, assim como ocorre em humanos.

Os valores do LAN nos dois testes não diferiram significativamente, TIC ($5,1 \pm 0,4$ % mc) e TID ($5,4 \pm 0,1$ % mc). Estes valores são similares aos encontrados por VOLTARELLI et al. (2002) na determinação do LAN pelo lactato mínimo ($4,9 \pm 0,1$ % mc) e por GOBATTO et al. (2001b) (5-6% mc) na determinação do EMEL, em exercício de natação com ratos. Este conjunto de resultados solidifica a idéia de que

a intensidade de esforço referente ao LAN, em exercício de natação com ratos, seja entre 5-6% mc.

O período de repouso de cinco minutos entre os estágios no teste descontínuo, TID, não influenciou os resultados do LAN. Da mesma forma, HECK et al. (1985) não encontraram diferença significativa no LAN (4mM) em teste incremental com humanos, quando testaram a utilização de diferentes intervalos de repouso entre os estágios (0,5, 1 e 1,5min), apenas quando a duração do estágio foi diferente, 3,5; 5,5 e 7,5 minutos, é que os resultados diferiram.

A maioria dos estudos na natação com ratos são realizados em tanques onde os animais realizam o exercício em grupo. Um dos nossos objetivos foi verificar se a diferença nas características do tanque poderia influenciar na determinação do LAN. Por essa razão o TIC foi realizado em tanque coletivo e o TID em tanque com separações individuais. A realização do teste em tanque coletivo, onde os animais podem interagir uns com os outros, interferindo no ritmo do exercício, não influenciou nos resultados. A realização de todos os testes com água na mesma profundidade (45cm), pode ter contribuído para que não houvesse diferença entre os resultados, no entanto a questão da influência da profundidade na determinação do LAN ainda é uma dúvida, pois não foram realizados testes em diferentes profundidades.

Os animais apresentaram grande variação na concentração de lactato sanguíneo, delta de lactato (ΔL), entre a primeira e a segunda carga, TID ($\Delta L=2,5$) e TIC ($\Delta L=1,1$). A partir do segundo estágio houve uma fase de equilíbrio e em alguns ratos, redução nas concentração de lactato sanguíneo, entre 3 e 5% mc ($\Delta L=0,1$) no TID e entre 4 e 5% mc ($\Delta L=0,6$) no TIC, antes de ocorrer um aumento abrupto identificado como LAN. A utilização do ΔL , considerando o menor valor encontrado,

durante o teste incremental com ratos, pode ser uma outra alternativa para determinação do LAN, uma vez que a intensidade do LAN, encontrada aqui neste estudo, apresenta valores próximos aos do menor valor do ΔL .

O mecanismo de produção/remoção de lactato em ratos pode apresentar comportamento diferente do verificado em humanos, uma vez que o rato possui um ritmo metabólico mais elevado do que o homem. Segundo BROOKS (1986) aproximadamente 75% do lactato formado durante o exercício em estado estável é oxidado durante o exercício submáximo. BROOKS (1986) defende a idéia da lançadeira, “*shuttle*”, de lactato, onde o lactato produzido é oxidado pelo coração e rins ou participa da gliconeogênese no fígado.

É difícil identificar o motivo do aumento na concentração de lactato sangüíneo entre o primeiro e o segundo estágio (1-2% mc) dos testes. Pode ser que durante este período de exercício, com cargas entre 1-2% mc, o animal passe por um momento de ajuste metabólico na capacidade de remoção de lactato até alcançar seu ponto máximo onde é observado o LAN, ou seja, é preciso um estímulo de maior intensidade, próximo a 2,5 e 3% mc, para que os mecanismos de remoção de lactato possam ser potencializados. Isto por que a concentração de lactato sangüíneo depende do aumento da produção de lactato pelo músculo e/ou da redução da remoção de lactato (BROOKS, 1991).

Outra opção é considerar a primeira carga, quando a intensidade é leve, entre 1-2% mc, como um aquecimento e não utilizá-la para determinar o LAN por inspeção visual. Assim, todos os fatores que influenciam o aumento da concentração de lactato sangüíneo poderão estar ativados.

A concentração de lactato sanguíneo correspondente ao LAN também não apresentou diferença significativa entre os testes, TIC ($5,9 \pm 0,3$ mM) e TID ($7,3 \pm 0,6$ mM), apesar do maior valor do teste TID. Estes valores são superiores aos encontrados por PILIS et al. (1993) em exercício na esteira com ratos na determinação do LAN ($4,12 \pm 1,36$ mM), apesar das semelhanças entre os protocolos: estágios de três minutos de esforço com três minutos de recuperação entre os estágios. Com a determinação do EMEL em humanos, BENEKE et al. (1996) encontraram diferença na concentração de lactato sanguíneo determinada em diferentes modalidades de exercício: remo ($3,1 \pm 0,5$ mM), ciclismo ($5,4 \pm 1,0$ mM) e patinação ($6,6 \pm 0,9$ mM) e concluíram que esta diferença pode estar associada à massa muscular específica envolvida em cada modalidade esportiva, o que pode explicar alguns resultados controversos da concentração de lactato sanguíneo obtidos durante exercício submáximo. Apesar da diferença entre o exercício incremental, realizado em nosso estudo, e do exercício com carga contínua, do estudo de BENEKE et al. (1996), a discrepância nas concentrações de lactato sanguíneo, entre nossos resultados e os de PILIS et al. (1993), também pode ser atribuída à diferença de solicitação muscular entre o exercício na esteira e na natação.

No exercício de natação com ratos, a concentração de lactato sanguíneo média encontrada no EMEL foi de 5,5 mM, tanto em animais sedentários como em treinados (GOBATTO et al., 2001b). Estes valores são muito semelhantes aos do teste TIC ($5,9 \pm 0,4$ mM), sugerindo que a concentração média de lactato onde é verificado o LAN seja próxima a 5,5mM de lactato. No entanto, no teste TID os valores foram maiores ($7,7 \pm 0,5$ mM) e mais próximos aos encontrados por VOLTARELLI et al. (2002) na determinação do LAN pelo lactato mínimo ($7,17 \pm 0,16$ mM). A característica

descontínua do TID e a indução da acidose com estímulo intenso no teste do lactato mínimo ocasionam diferenças na razão produção remoção de lactato que dificulta a comparação dos valores de lactato com testes incrementais.

HECK et al. (1985) justificaram a utilização de uma concentração fixa de lactato para determinação do LAN, devido à semelhança entre os valores médios do LAN em teste incremental e do EMEL (4mM), apesar de não haver correlação entre os valores. Devido à coincidência entre os resultados do TIC e do EMEL, a utilização da concentração fixa de 5,5 mM, em exercício de natação com ratos, pode ser um ótimo indicador na determinação do LAN em teste incremental. No entanto, ainda é necessário verificar se há correlação entre os resultados de um teste incremental com o EMEL, para justificar a utilização da concentração de 5,5 mM no exercício de natação com ratos.

Os nossos resultados permitem afirmar que em determinado momento a concentração de lactato sanguíneo em teste incremental apresenta um aumento abrupto em função do incremento da carga. Contudo, não é possível ainda afirmar que o LAN, determinado neste estudo, representa o estado de máximo equilíbrio dinâmico de lactato (EMEL). Por outro lado, para que tais testes possam ter maior aplicabilidade em protocolos experimentais com ratos, eles também devem ser testados quanto à sensibilidade aos efeitos do treinamento, como acontece com o LAN determinado em humanos.

Apesar do resultado do teste TIC ser similar ao do EMEL, não é possível afirmar que a concentração de 5,5 mM de lactato relativa ao EMEL, determinado por GOBATTO et al. (2001b), possa ser utilizada para estimar o LAN em teste incremental com ratos, uma vez que, de acordo com HECK et al. (1985), a concentração de lactato

sangüíneo em exercício de corrida com humanos, durante teste incremental e em teste de carga constante não se correlacionam. Portanto, esta correlação, tanto em exercício de natação como em esteira com ratos, precisa ser determinada para que uma concentração fixa de lactato possa ser utilizada.

4.5. Conclusões

- Ocorre um aumento abrupto na curva de lactato versus carga, no exercício de natação com ratos, tanto em teste incremental contínuo como descontínuo. A partir da identificação visual deste aumento abrupto e com a regressão linear dos pontos localizados abaixo e acima deste aumento, é possível determinar o LAN pela intersecção das retas de regressão.

- A utilização de quatro estágios e o intervalo de cinco minutos entre os estágios, no teste descontínuo TID, não influenciou nos resultados.

- Os resultados do LAN foram similares entre os dois testes e coincidem com o EMEL (5,5% mc), determinado por GOBATTO et al. (2001). Portanto, tanto o TIC e o TID podem ser utilizados como um índice de avaliação aeróbia e servir para quantificar melhor a sobrecarga do exercício no modelo de exercício de natação com ratos.

- Como a concentração de lactato sangüíneo do teste TIC coincide com a de 5,5mM, referente ao EMEL no exercício de natação com ratos, é possível que a concentração fixa de 5,5mM de lactato possa ser utilizada como uma referência de concentração fixa para teste incremental, tal como 4,0mM é utilizada com humanos. No entanto, outros estudos devem ser realizados para concluir esta questão.

- Devido ao grande aumento na da concentração de lactato sangüíneo, ΔL , nas cargas iniciais, até 3% mc, uma opção é desconsiderar o valor da primeira carga ou realizar o teste com cargas iniciais mais próximas de 5% mc, para ajustar melhor a curva. A utilização do menor ΔL pode ser outra ferramenta na determinação do LAN, em exercício com ratos.

- Mesmo diante dessas considerações, ainda é preciso verificar se o LAN identificado no presente estudo apresenta correlação com o EMEL, tanto para a carga como para a concentração de lactato sangüíneo, e se os referidos testes são sensíveis aos efeitos do treinamento.

4.6. Referências

BENEKE, R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold and maximal lactate steady state in rowing. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v27, n.6, p.863-867,1995.

BENEKE, R.; Von DUVILLARD, S.P. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28, n.2, p.241-246, 1996.

BRAGA, L.R.; MELLO, M.A.R.; GOBATTO, C.A. Ganho de peso e gordura corporal de ratos obesos submetidos ao treinamento contínuo e intermitente. **Motriz**, Rio Claro, v.7, n.1(Supl), p.S209, 2001.

BROOKS, G.A. The lactate shuttle during exercise and recovery. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.18, p.360-368. 1986.

BROOKS, G.A. Current concepts in lactate exchange. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.23, p.895-906. 1991.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

COYLE, E.F. Physiological and biochemical factors associated with elite endurance cycling performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.23, p.93-107. 1991.

DEKERLE, B. B.; BARON, B.; DUPONT, L.; VANVELCENAHAR, J.; PELAYO, P. maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **European Journal Applied Physiology**. v.89, p.281-288, 2003.

DONOVAN, C.M.; BROOKS, G.A. Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. **American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v.244, n.7, , p.E83-92. 1983.

- FERREIRA L.D.; BRAU, L.; NIKOLOVISKI, S.; RAJA, G.; PALMER, T.N.; FOUMIER, P.A. Effect of streptozocin-induced diabetes on glycogen resynthesis in fasted rats post-high-intensity exercise. **American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v.280, n.1, E83-91, 2001.
- GALDINO, R.; ALMEIDA, C.C.S.; LUCIANO, E.; MELLO, M.A.R. Protein malnutrition does not impair glucose metabolism adaptations to exercise training. **Nutrition Research**, New York, v.20, n.4, p.527-535, 2000.
- GOBATTO, C.A.; SIBUYA, C.; KOKUBUN, E.; MELLO, M.A.R.; Muscle glycolytic flux of malnourished, recovered and exercise-trained rats. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.29 n.5(Suppl.), p.S, 1997.
- GOBATTO, C.A. SIBUYA, C.Y.; AZEVEDO, J.M.; LUCIANO, E.; KOKUBUN, E.; MELLO, M.A.R. Caracterização da intensidade de exercício e do efeito de treinamento físico no modelo de natação com ratos Wistar. **Motriz**, Rio Claro, v.1, n.1.(Supl.), p. S57-S62. 2001a.
- GOBATTO, C.A.; MELLO, M.A.R.; SIBUIA, C.Y.; AZEVEDO, J.R.M.; SANTOS, L.A.; KOKUBUN, E., Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, Oxford, v.130, n.1, p.21-7, 2001b.
- HARNISH, C. R.; SWENSEN, C. T.; PATE, R. R. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.33 n.6, p.1052-58, 2001.
- HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MÜLLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4-mM lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart , v.6, p.117-130. 1985.
- KINDERMANN, W.; SIMON G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during training. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.42, p.25-34, 1979.
- LUCIANO, E. & MELLO, M.A.R. Atividade física e metabolismo de proteínas em músculo de ratos diabéticos experimentais. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.12, n.2, p.202-209,1998.
- MACHADO, C.K.; ANDRADE, S.C.R.; VEIGA, M.C.F.A.; CASTRO, J.C.B. Efeito do exercício na hipertensão renovascular crônica em ratos. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v.4, n.1, p.11-17, 1999.
- MacINTOSH, B. R.; ESAU, S.; SVENDAHL, K. The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Champaign Il, v.27, n.3, p.232-249, 2002.
- MADER, A.; LIESEN, H.; HECK, H.; PHILIPPI, H. SCHÜRCH, P.M.; HOLLMANN, W.; Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. **Sportarzt Sportmedizin**, Koln, v. 27 (4,5): 80-88, 109-112. 1976.
- MELLO, M.A.R. VILLAR,R.; ALMEIDA, A.G.; LUCAS, R.D.; ROSA, M.R.R.; PALLA,; A.C. Glucose ingestion and blood glucose and lactate levels during exercise in protein-malnourished recovered rats. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31., n.5 (Suppl.), p.S196, 1999.

PILIS, W.; ZARZECZNY, R.; LANGFORT, J.; KACIUBA-USCIEKO, H.; NAZAR, K.; WOJTYNA, J. Anaerobic threshold in rats. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, Oxford, v.106A, n.2, p.285-289. 1993.

SANTOS, J.W.; LUCIANO, E.; MELLO, M.A.R. Treinamento aeróbio e prevenção da diabetes induzida por aloxana em ratos. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.5, n.3, p.31-41, 2000.

SILVA, M.P.; MARCONDES, M.C.C.G.; MELLO, M.A.R. Exercício aeróbio e anaeróbio: efeitos sobre a gordura sérica e tecidual de ratos alimentados com dieta hiperlipídica. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.4, n.3, p.43-56, 1999.

SJODIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood acvumulation and marathon running performance. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart , v.2, n.1, p.23-26, 1981.

STEGMANN, H. et al. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart , v.2, p.160-165, 1981.

TANAKA, K. Et al. A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.16, p.278-282. 1984.

TEGTBUR, U. et al. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.25., p.620-627, 1993.

VOLTARELLI, F.A.; GOBATTO, C.A.; MELLO, M.A.R. Determination of anaerobic thrshold in rats using the lactate minimum test. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.35, n.11:1389-94, 2002.

WASSERMAN, K.; McLLORY, M.B. Detecting the thereshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **American Journal of Cardiology**, New York, v.14, p.844-852, 1964.

5. ESTUDO III: EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBIO CONTÍNUO E INTERVALADO DE NATAÇÃO SOBRE O METABOLISMO MUSCULAR DA GLICOSE EM RATOS

5.1. Introdução

O treinamento Contínuo (TC) caracteriza-se pela realização do exercício sem interrupção e tem sido tradicionalmente associado à melhora da capacidade aeróbia, além da redução da adiposidade corporal. Por outro lado, o treinamento intervalado (TI) é realizado de forma intermitente, com períodos de exercício intercalados por períodos de recuperação, normalmente em intensidade superior a do limiar anaeróbio. As diversas possibilidades de combinações do treinamento intervalado utilizando distância, número de repetições, intensidade e tempo de recuperação, dificultam estabelecer qual seja a combinação mais eficiente.

Tanto o TC quanto o treinamento TI podem ser subdivididos de acordo com o metabolismo energético e objetivo a ser alcançado. POWERS e HOWLEY (2000) subdividem o TC em contínuo lento de longa duração e contínuo rápido, com a intensidade próxima a do limiar anaeróbio. O TI tradicional recebe a denominação de TI intensivo e TI extensivo, de acordo com a maior ênfase na intensidade ou no volume de trabalho, respectivamente (SCHMOLINSKY, 1982). BILLAT (2001) separou o TI em aeróbio e anaeróbio, classificando o aeróbio em TI aeróbio de curta duração (TI_{curto}), 15-60 segundos, e TI aeróbio de longa duração (TI_{longo}), 1-8min.

Na preparação de atletas que competem em provas aeróbias é comum o uso combinado do TC e do TI. Apesar disso, alguns estudos têm procurado identificar diferenças fisiológicas entre o TC e TI (HENRIKSSON; REITMAN, 1976; CUNNINGHAM et al., 1979; POOLE; GAESSER, 1985; GOROSTIAGA et al., 1991; OVEREND et al.; 1992. TABATA et al., 1996; MORRIS et al. 2002), que podem contribuir para a elaboração de um programa de treinamento.

Outras propostas têm procurado comparar o TC e TI, através da substituição de um percentual do treinamento contínuo de base pelo treinamento intervalado de alta intensidade. Nesse caso não há equiparação da sobrecarga entre o TC e TI, mas sim a verificação se o aumento da intensidade do treinamento consegue melhorar o rendimento (GAIGA; DOCHERT, 1995; LINDSAY et al., 1996; WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997; STEPTO et al., 1999). LAURSEN e JENKINS (2002) afirmam que apesar de poucas informações científicas a respeito do TI intensivo, alguns modelos de treinamento têm sido utilizados com sucesso na melhoria do rendimento aeróbio. POWERS e HOWLEY (2000) enfatizam que existe um crescente volume de evidências de que a intensidade e não a duração é o fator mais importante no aumento da potência aeróbia.

A questão que vem sendo estudada desde a década de sessenta do século passado e ainda requer mais esclarecimento é se o treinamento intervalado é mais eficiente do que o treinamento contínuo de longa duração, realizado em intensidade submáxima, na melhora da aptidão aeróbia.

Se a comparação entre os efeitos do TC e do TI com humanos ainda não é conclusiva, informações em modelos experimentais que utilizam ratos são, ainda, mais escassas. Os protocolos de TC na natação com ratos que tradicionalmente

caracterizam o treinamento aeróbio são aqueles sem sobrecarga (MELLO, 1992; MELLO, 1994; MACHADO, 1999) e os que utilizam sobrecarga equivalente a 2-5% da massa corporal (PERES; LUCIANO, 1995; PEREIRA et al., 1996; GOBATTO et al., 1997; LUCIANO; MELLO, 1998; MELLO et al., 1999; GALDINO et al., 2000, LUCIANO; MELLO, 1999; SANTOS et al., 2000), com duração de 1h/dia, 5 dias/semana e período de 6-8 semanas.

Os poucos estudos que investigaram o TI intensivo com ratos utilizam sobrecarga de 15 por cento da massa corporal (% mc), em séries de 15-20s de exercício e intervalo de 10-20s de recuperação (BRAGA et al., 2001; TERADA et al., 2001). Outros estudos, como os de SILVA et al. (1999) e ROGATTO (2001), utilizaram sobrecarga de 50% mc em séries de saltos submersos na água, caracterizando um TI anaeróbio de alta intensidade.

A dúvida sobre qual dos métodos de treinamento, contínuo ou intervalado, é o mais eficiente para melhorar o rendimento aeróbio ainda é uma incógnita. Sem dúvida, há evidências de que o treinamento intervalado realizado de forma intensa tenha certa vantagem na melhora da aptidão aeróbia. No entanto, mais pesquisas são necessárias para estabelecer a verdadeira eficiência do treinamento intervalado. Deste modo, este estudo tem como objetivo verificar os efeitos do treinamento de natação com ratos sobre o metabolismo muscular da glicose, através de três diferentes métodos de treinamento: treinamento contínuo, treinamento intervalado curto com 30s de exercício/30s de recuperação e treinamento intervalado longo com 4min de exercício/ 1min:30s de recuperação.

5.2. Materiais e Métodos

5.2.1. Animais e seu tratamento

Foram utilizados ratos machos adultos da linhagem Wistar entre 65-70 dias de idade, pesando entre 300-350g no início do experimento. Os animais provenientes do Biotério Central da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu, foram adaptados por 21 dias, antes do início do experimento, ao Biotério do Laboratório de Biodinâmica do Departamento de Educação Física, IB, Rio Claro, alojados em gaiolas de polietileno medindo 37,0 x 31,0 x 16,0 cm (5 animais por gaiola), a temperatura de 25 ± 1 °C e fotoperíodo claro/escuro 12/12 horas, tendo livre acesso à água e ao alimento (ração balanceada para roedores, marca Purina), durante todo experimento.

5.2.2. Delineamento Experimental

Os animais foram separados aleatoriamente em quatro grupos experimentais. Um grupo foi mantido como controle sedentário, apenas com movimento espontâneo nas gaiolas, e três grupos realizaram treinamento de natação através de três diferentes protocolos de treinamento. Um grupo realizou treinamento contínuo (TC), enquanto que os outros grupos realizaram dois modelos diferentes treinamento intervalado (TI), adaptados de modelos empregados no treinamento com humanos. Os animais submetidos ao treinamento, após a adaptação ao biotério, passaram por um período de adaptação ao treinamento, com aumento progressivo da sobrecarga, antes de serem separados em seus respectivos protocolos de treinamento, totalizando oito semanas de treinamento (Quadro 1).

A intensidade do treinamento foi estipulada com base no percentual da massa corporal (% mc) dos animais e ajustada semanalmente, durante todo o experimento. A capacidade aeróbia foi determinada pelo LAN, em teste incremental contínuo, como no Estudo II desse trabalho, no início e ao final do período de treinamento, com os animais sedentários realizando um período de adaptação antes dos testes. Para verificar a diferença quanto ao nível de esforço entre os protocolos de treinamento, foi verificada a lactacidemia em uma sessão de treinamento, na última semana de experimento.

Ao final do experimento todos os animais foram sacrificados por decapitação, sendo os animais dos grupos treinados sacrificados 48h após a última sessão de treinamento, para avaliação do metabolismo glicídico muscular *in vitro* e os teores de glicogênio muscular e hepático.

Quadro 1 – Esquema geral dos procedimentos realizados durante o experimento.

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Idade (dias)	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	119
Adaptação												
Ao Biotério	TD	TD	TD									
Período de Treinamento				TRE	TRE	TRE	TRE	TRE	TRE	TRE	TRE	TRE
Adaptação antes do teste de LAN						SED				SED		
Teste do LAN							SED				TD	
Sacrifício												TD

TD = todos os grupos

SED = grupo controle sedentário

TRE = grupos que realizaram treinamento

5.2.3. Grupos e Protocolos de Treinamento

Após o período de adaptação ao biotério os animais foram separados em quatro grupos:

Controle Sedentário (SED): n=8, animais que não realizaram treinamento.

Treinamento Contínuo com 5% mc (TC5): n=8, animais submetidos ao treinamento através do exercício contínuo de natação com sobrecarga de 5% mc, 5 dias/semana, 60 min/dia (60 min com 5% mc, cada sessão de treinamento).

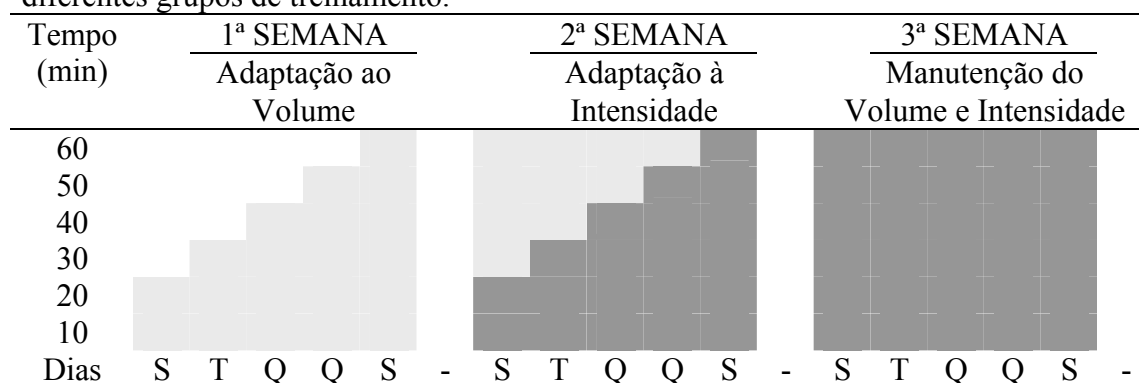
Treinamento Intervalado 7,5% mc (TI7,5): n=8, animais submetidos ao treinamento através do exercício intervalado de natação com sobrecarga de 7,5% mc, com relação entre esforço e pausa (E:P) de 4min/1,5min, 5 dias/semana e duração ~ 60 min/dia, adaptado de um modelo de treinamento intervalado realizado com humanos (STEPTO et al, 1999).

Treinamento Intervalado 10% mc (TI10): n=8, animais submetidos ao treinamento através do exercício intervalado de natação com sobrecarga de 10% mc, com relação E:P de 30s/30s, 5 dias/semana e duração de 60 min/dia, adaptado de um modelo de treinamento intervalado realizado com humanos (STEPTO et al, 1999).

Nas três primeiras semanas de treinamento os animais dos grupos TC5, TI7,5 e TI10 passaram por um esquema de adaptação, com aumento gradativo da sobrecarga, até realizarem 60min de exercício com 5% mc. Na primeira semana os animais realizaram o exercício sem sobrecarga com aumento progressivo do volume (tempo), com 20min no primeiro dia, 30, 40, 50 e 60min nos dias seguintes. Na segunda semana o volume permaneceu constante (60min/sessão, 5dias/semana) e houve uma adaptação à sobrecarga de 5% mc, iniciando com vinte minutos de exercício com sobrecarga e aumento de 10min/dia, no mesmo esquema progressivo realizado na

primeira semana, com o restante do tempo para completar 60min sendo realizado sem sobrecarga. Na terceira semana o volume e a intensidade permaneceram constantes (60min/sessão com 5% mc) (Quadro 2).

Quadro 2- Esquema da adaptação à sobrecarga, antes da separação dos animais nos diferentes grupos de treinamento.



Legenda:

- Recuperação (sem exercício).
- Tempo de exercício realizado sem carga.
- Tempo de exercício realizado com sobrecarga de 5% mc.
- Dias de descanso (sábado e domingo).

5.2.4. Aumento da Intensidade do Treinamento

A intensidade do treinamento foi aumentada progressivamente a cada semana de treinamento, com base no percentual da massa corporal dos animais (% mc). O % mc dos animais foi escolhido como referência à intensidade em função do aumento progressivo da massa corporal dos animais nessa faixa etária e pelos vários trabalhos já realizados utilizando essa metodologia, que permitem a comparação dos resultados.

5.2.5. Quantificação e Equiparação da sobrecarga entre os Protocolos de Treinamento

Devido às diferenças entre os protocolos de treinamento, quanto à intensidade (% mc) e o tempo total de exercício (min), a sobrecarga de treinamento foi quantificada e equiparada para que não houvesse diferença entre os três protocolos. Os dois modelos de treinamento intervalado foram ajustados, quanto à sobrecarga (% mc) e o tempo de duração dos estímulos, com base no protocolo de treinamento TC5. A sobrecarga foi quantificada somente nas cinco últimas semanas de treinamento, uma vez que, nas três primeiras semanas de treinamento, esta foi a mesma para todos os animais, período de adaptação à sobrecarga.

A sobrecarga de trabalho (W) foi quantificada para equiparar os protocolos de treinamento, adaptando-se o cálculo às condições do exercício de natação com ratos. O cálculo da sobrecarga foi feito com base no estudo de nadadores (MUJKA et al., 1996), e de outros estudos que equiparam a sobrecarga de trabalho total multiplicando o tempo de exercício (min) pela intensidade relativa ao percentual do VO_{2max} (% VO_{2max}) (GOROSTIAGA et al., 1991; OVEREND et al., 1992). O cálculo foi realizado multiplicando-se o tempo de execução (min) pela intensidade (% mc), considerando a soma de todos estímulos de cada sessão de treinamento sem considerar os intervalos de recuperação.

$$W = TE \cdot \% mc (UT)$$

Onde:

W = sobrecarga de trabalho de cada sessão de treinamento, expressa em unidades arbitrárias de treinamento (UT).

TE= tempo total do exercício, desconsiderando intervalos de recuperação.

% mc = percentual da massa corporal utilizada como sobrecarga durante o exercício.

O valor da sobrecarga de trabalho (W) por sessão de treinamento foi de 300 UT para cada protocolo de treinamento.

5.2.6. Adaptação ao Meio Líquido antes do Teste para Determinação do LAN

Para evitar os efeitos do estresse durante o teste, ocasionado pelo meio líquido, os animais sedentários foram adaptados ao meio líquido uma semana antes da realização dos testes para determinação do LAN, através de 5 sessões/dia de 3min com água a $\pm 31^{\circ}\text{C}$, à profundidade de 25cm. Os animais dos grupos treinados passaram por esta adaptação apenas no início do experimento.

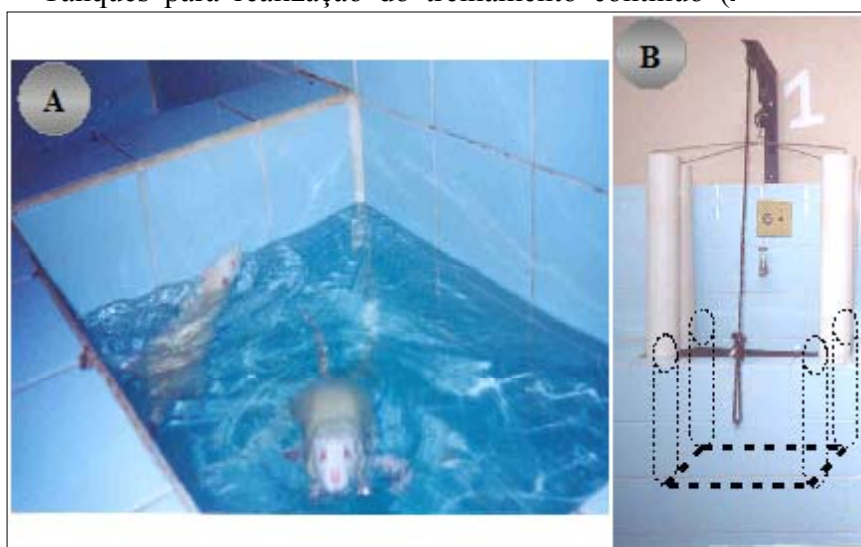
5.2.7. Ajuste da Sobrecarga de Treinamento

O ajuste da sobrecarga foi feito em função do percentual da massa corporal (% mc), no início de cada semana, durante todo o experimento. Para tanto, foram utilizadas “mini-mochilas”, atadas ao tórax do animal por meio de elástico. A calibragem da sobrecarga foi feita em balança semi-analítica da marca Marte, modelo AL500, sendo verificado o peso em decigramas (dg), utilizando pequenos pedaços de chumbo (0,5 a 50g), aferidos previamente, com a sobrecarga total considerando o peso da mochila mais o chumbo.

5.2.8. Características do Tanque para Realização do Treinamento e do Teste do LAN

Os animais realizaram o treinamento e o teste para determinação do LAN através do exercício de natação em tanques coletivos, medindo 45cm x 45cm e 60cm de altura, à profundidade de 45 cm, com 5 animais/tanque (Figura 1).

Figura 1 – Tanques para realização do treinamento contínuo (A) e teste contínuo intervalado (B).



Na foto B esta o sistema de roldanas para suspensão do equipamento na posição para recuperação dos animais e as linhas pontilhadas representando a posição na qual era realizado o exercício.

5.2.9. Avaliação Aeróbia através da Resposta do Lactato Sangüíneo

5.2.9.1. Teste Incremental Contínuo (TIC)

O LAN foi determinado através do teste incremental contínuo, como no Estudo II, com carga inicial de 2% mc, aumento de 1% mc a cada 3min, e intervalos de 30s entre os estágios, apenas para o acréscimo da carga e coleta de 25 μ L de sangue, para dosagem de lactato. O LAN foi determinado pela intersecção das retas obtidas com os pontos abaixo e acima de onde ocorre aumento abrupto na curva de lactato versus carga.

Os animais sedentários realizaram o teste no início e ao final do experimento, enquanto que, os animais dos grupos treinados realizaram o mesmo protocolo que os animais sedentários, ao final do experimento, diferindo na carga inicial, que foi de 4,5% mc, devido aos efeitos do treinamento.

5.2.9.2. Concentração de Lactato Sangüíneo Relativa 5% mc

A concentração de lactato sangüíneo foi determinada como parâmetro alternativo ao LAN, uma vez que na maioria dos animais treinados não foi possível identificar o LAN. A concentração de lactato sangüíneo relativa a 5% mc foi determinada pela regressão linear dos pontos acima e abaixo da carga de 5% mc, durante o teste do LAN de cada animal, considerando a intersecção entre a reta de regressão e a carga de %5mc.

5.2.10. Dosagem de Lactato Sangüíneo durante a Sessão de Treinamento

Na última semana do experimento foi verificada a lactacemia durante uma sessão de treinamento, através de coletas de 25 μ L de sangue da extremidade da cauda do animal a cada dez minutos (6 amostras de cada animal). A concentração de lactato sangüíneo média de cada animal foi obtida através da média das seis amostras retiradas durante a sessão de treinamento.

5.2.11. Medida do Metabolismo Muscular Glicídico “in vitro”

Após o sacrifício, as patas traseiras dos ratos foram retiradas e o músculo sóleo removido. Os tendões distal e proximal desse músculo foram liberados e com um bisturi foi efetuado um corte longitudinal em sua linha mediana. A seguir, a preparação

foi pesada e as fatias com peso entre 25 e 35mg submetidas aos procedimentos de incubação, modificado de MELLO et al. (2001).

As fatias de músculo foram colocadas em frascos de cintilação com capacidade de 20 mL siliconizados, contendo 1,5mL de tampão Krebs-Ringer bicarbonato. Os frascos foram fechados com tampa de borracha, selados com anel plástico, e submetidos a 30 minutos de pré-incubação sob agitação em banho tipo Dubinoff a 60 rpm e contínuo gaseamento com O₂/CO₂ (95%/5%). Após esse período, as fatias do músculo foram transferidas para novos frascos de cintilação (frasco externo, contendo 1,5 mL de tampão Krebs-Ringer), onde no interior já estavam instalados pequenos tubos em forma de concha (frasco interno, contendo 700µL de hiamina 10x) com uma haste reta de aproximadamente 3cm de comprimento que se insere nas tampas de borracha do frasco externo.

Após 60 minutos de incubação nesse sistema, com gaseamento durante os 15 primeiros minutos, foram adicionados 100µL de ácido tricloroacético (TCA) 25% ao frasco externo visando a liberação de CO₂. A preparação foi mantida por mais de 3 horas neste sistema. Decorrido esse tempo, 200µL do líquido contido no frasco interno foram retirados para determinação do CO₂ produzido. O meio de incubação acidificado contido no frasco externo foi armazenado para a determinação do lactato e a fatia de músculo imediatamente digerida em 0,5 mL de KOH (SJÖRGREEN et al., 1938) para dosagem do glicogênio muscular (DUBOIS et al., 1956). A temperatura na pré-incubação foi de 37°C.

O tampão Krebs-Ringer, base dos meios de pré-incubação e incubação, consistiu de: NaCl 6%, HEPES 6,64 mM, KCl 0,032%, CaCl₂ 1,14nM, KH₂PO₄ 0,015%, NaHCO₃ 0,19%, MgSO₄ 0,03%. A solução assim preparada foi gaseada

durante 20 a 30 minutos com O₂/CO₂ (95%/5%) e o pH ajustado a 7,4. A esta solução foram adicionados 20 volumes de albumina sérica bovina livre de gordura. Ao meio de pré-incubação foi adicionado piruvato de sódio para a concentração de 5mM. Ao meio de incubação, foi adicionado glicose (5,5mM) contendo [U-¹⁴C] glicose (0,25 µci/mL), [³H] 2-deoxyglicose (2-DG = 0,5µci/mL) e insulina (100µUL/mL). Feitas as adições, o pH foi ajustado a 7,4 e o meio transferido para os frascos que foram selados e equilibrados no banho a 37°C sob gaseamento com O₂/CO₂ (95%/5%) durante pelo menos 15 minutos.

Fatias do mesmo músculo, com peso semelhante às aquelas incubadas, foram utilizadas para determinação da concentração do controle de glicogênio.

A captação de glicose foi avaliada utilizando-se a 2-DG como marcador, e a síntese de glicogênio através da incorporação do ¹⁴C a glicogênio, medindo-se a radioatividade do ³H da 2-DG e do ¹⁴C da glicose, respectivamente, na fase alcoólica e no precipitado da extração de glicogênio, através de contador de partículas beta. O lactato liberado no meio de incubação foi determinado por separação de metabólitos em coluna de troca iônica (Dowex-2, Sigma), o que representa um índice do transporte de glicose nessas condições. Para a estimativa da glicose oxidada (produção de CO₂), foi determinada a radioatividade do ¹⁴C presente no líquido (hiamina) coletado do frasco interno do sistema de incubação.

5.2.12. Dosagens Bioquímicas

5.2.12.1. Determinação do Lactato Sangüíneo

Para a análise do lactato sangüíneo foram coletados 25µL de sangue da extremidade da cauda do rato previamente assepsiada, com auxílio de tubo capilar

heparinizado e calibrado para 25 μ L, desprezando-se a primeira gota. Imediatamente o sangue foi diluído em 50 μ L de solução de fluoreto de sódio (1%), contida em tubos de plástico tipo Eppendorf, mantidos em gelo até posterior análise. A análise foi feita através do método eletroquímico pelo aparelho YSL 1500 STAT (Yellow Spring, Inc. EUA).

5.2.12.2. Glicogênio Muscular

Frações entre 25-35mg do músculo sóleo foram pesadas após o sacrifício dos animais e imediatamente digeridas em banho a 100°C em 0,5 mL de KOH 1N durante 20 minutos. Foram adicionadas 20 μ L de solução saturada de Na₂SO₄ e o glicogênio precipitado através de duas passagens de 2,5mL de etanol a quente, seguida de centrifugação, descartando-se o sobrenadante (SJÖRGREEN, 1938). O glicogênio precipitado foi suspenso em 4mL de água e a determinação colorimétrica realizada em 1mL de extrato, 20 μ L de fenol a 80% e 2,0mL de ácido sulfúrico concentrado, após fervura de 15 minutos. A absorbância foi medida em espectrofotômetro 490nm. Soluções de glicose de concentrações conhecidas foram utilizadas para a curva de calibração.

5.2.12.3. Glicogênio Hepático

As diferenças na determinação do glicogênio no tecido hepático, em relação ao tecido muscular, foram as seguintes: as frações de tecido hepático retirado após sacrifício pesaram aproximadamente 500mg, portanto, com necessidade de digestão em 2mL de solução KOH 30%. A precipitação do glicogênio hepático foi feita em 0,1 mL de Na₂SO₄ e 7mL de etanol e, após a extração, o precipitado foi suspenso em 25mL de água ionizada.4.6.4

5.2.13. Análise Estatística

A análise estatística foi realizada através de análise de variância com uma entrada (*anova one-way*), seguido de *pos-hoc* de Newman-Keuls. Em todos os casos o nível de significância adotado foi pré-fixado em 5% (COSTA NETO, 1977).

5.3. Resultados

Não houve diferença significativa na massa corporal entre os grupos, ao início e final do experimento (Tabela 1).

O grupo TI7,5 apresentou valores significativamente superiores na concentração de lactato sangüíneo durante uma sessão de treinamento, na última semana do experimento (Tabela 2).

Na maioria dos animais sedentários (87,5%) foi possível a identificação do LAN. Nestes não houve diferença, ao longo do experimento, no LAN (85 dias= $5,8 \pm 0,3$, e 115 dias= $5,1 \pm 0,4\%$ mc), assim como na concentração de lactato sangüíneo (85 dias = $4,7 \pm 0,4$ e 115 dias= $5,5 \pm 0,3$ mM) (teste-t para amostras dependentes). Por outro lado, a identificação do LAN só foi possível ser realizada em 54,2% dos animais treinados. Nos demais animais treinados a concentração de lactato sangüíneo apresentou comportamento linear ou com ocorrência de um platô, após a primeira ou segunda carga. Dentre os animais em que foi possível identificar o LAN não houve diferença significativa (Tabela 3).

Tabela 1 – Massa corporal inicial e o ganho de massa ao final do experimento dos grupos sedentário (SED) e treinados com protocolos contínuo 5% mc (TC5), intervalado 7,5% mc (TI7,5), intervalado com 10% mc (TI10).

Grupos	Massa Corporal	
	Massa Inicial (g)	Ganho de Massa (g)
SED (n=8)	316,9 ± 11,8	110,0 ± 5,6
TC5 (n=8)	348,8 ± 10,0	110,0 ± 10,3
TI7,5 (n=8)	346,9 ± 11,4	121,9 ± 14,9
TI10 (n=8)	341,3 ± 12,5	122,5 ± 13,8

Valores expressos em média ± erro padrão da média (*anova one-way*, $p < 0,05$) com o número de animais entre parênteses.

Tabela 2 – Concentrações médias de lactato sangüíneo de cada animal, durante uma sessão de treinamento, na última semana do experimento dos grupos de treinamento contínuo com 5% mc (TC5), intervalado com 7,5% mc (TI7,5) e intervalado com 10% mc (TI10).

Grupos	Lactato (mM)
TC5 (n=8)	3,4 ± 0,3
TI7,5 (n=8)	5,8 ± 0,4 ^{a, b}
TI10 (n=8)	3,2 ± 0,2

Valores expressos em média ± erro padrão da média, com o número de animais entre parênteses. Diferença significativa (*anova one-way*, $p < 0,05$): a ≠ TC5; b ≠ TI10.

Tabela 3 – Limiar anaeróbio, concentrações de lactato sangüíneo relativo à intensidade do LAN e valor percentual do LAN com relação aos valores do grupo controle sedentário (SED), ao final do experimento.

Grupos	Limiar Anaeróbio (% mc)	Lactato Sangüíneo (mM)	Percentual (%)
SED (n=8)	5,1 ± 0,4	5,9 ± 0,3	–
TC5 (n=4)	5,7 ± 0,2	4,3 ± 0,3	11,8
TI7,5 (n=3)	5,8 ± 0,7	4,7 ± 0,5	13,7

TI10 (n=6)	6,5 ± 0,4	5,0 ± 0,3	27,4
------------	-----------	-----------	------

Valores expressos em média ± erro padrão da média (*anova one-way*, $p < 0,05$) com o número de animais entre parênteses. Grupo controle sedentário ao final do experimento (SED); treinados com o protocolo TC5; treinados com o protocolo TI7,5 e treinados com protocolo TI10.

A concentração de lactato sanguíneo relativa à carga de 5% mc, determinada durante o teste do LAN não diferiu entre os animais sedentários ao início (85 dias= 4,7 ± 0,4) e final (115 dias= 5,5 ± 0,3) do experimento (teste-t para amostras dependentes). Os animais dos grupos treinados não apresentaram diferença significativa entre si, nem com relação ao grupo sedentário, apesar dos menores valores de lactato à carga de 5% mc (Tabela 3).

Tabela 4 – Concentração de lactato sanguíneo relativa à carga de 5% mc e a redução percentual da concentração de lactato sanguíneo com relação ao grupo controle sedentário (SED), ao final do experimento, durante o teste do LAN.

Grupos	Lactato Sanguíneo (mM)	Redução Percentual (%)
SED (n=8)	5,5 ± 0,3	–
TC5 (n=8)	4,3 ± 0,2*	- 21,8
TI7,5 (n=8)	4,8 ± 0,2	- 12,7
TI10 (n=8)	4,8 ± 0,4	- 12,7

Valores expressos em média ± erro padrão da média, com o número de animais entre parênteses. Grupo controle sedentário ao final do experimento (SED); treinados com o protocolo TC5; treinados com o protocolo TI7,5 e treinados com protocolo TI10. *Diferença significativa (*anova one-way*, $p < 0,05$) com relação a SED.

Em relação ao metabolismo da glicose avaliado, pela incubação do músculo sóleo, os animais do grupo TI7,5 apresentaram maiores valores na síntese de glicogênio, com relação ao grupo SED, e maior produção de lactato do que o grupo TC5. Os demais parâmetros não diferiram entre os grupos (Tabela 5).

Tabela 5 – Captação de glicose, síntese de glicogênio, produção de lactato e oxidação de glicose, expressos em $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, ao final do processo de incubação.

Grupos	Captação de Glicose	Síntese de Glicogênio	Produção de Lactato	Oxidação de Glicose
SED (n=15)	4,36 ± 0,34	0,33 ± 0,02	2,62 ± 0,22	17,26 ± 1,20
TC5 (n= 16)	4,95 ± 0,31	0,32 ± 0,02	1,89 ± 0,12	18,04 ± 0,86
TI7,5 (n=15)	5,16 ± 0,36	0,42 ± 0,02 ^{a, b}	3,23 ± 0,17 ^b	16,61 ± 1,43
TI10 (n=15)	4,61 ± 0,26	0,37 ± 0,02	2,74 ± 0,34	15,03 ± 0,83

Valores expressos em média ± erro padrão da média, com o número de fatias isoladas do músculo sóleo, entre parênteses. Diferença significativa (*anova one-way*, $p < 0,05$): a ≠ SED; b ≠ TC5.

Os teores de glicogênio do músculo sóleo e do fígado não apresentaram diferença significativa (Tabela 6).

Tabela 6 – Teores de glicogênio do músculo sóleo e do fígado, avaliados em repouso no dia do sacrifício, expressos em mg/100mg de tecido.

Grupos	Glicogênio	
	Músculo (n=8)	Fígado (n=8)
SED	0,37 ± 0,03	6,13 ± 0,34
TC5	0,36 ± 0,02	6,40 ± 0,47
TI7,5	0,37 ± 0,03	6,92 ± 0,34
TI10	0,32 ± 0,02	6,67 ± 0,35

Valores expressos em média ± erro padrão da média (*anova one-way*, $p < 0,05$), com o número de animais entre parênteses.

5.4. Discussão

O treinamento contínuo (TC) e o treinamento intervalado (TI) são os métodos de treinamento mais utilizados para melhorar a aptidão aeróbia. Para verificar

qual desses dois modelos de treinamento é mais eficiente na melhora da aptidão aeróbia em ratos, utilizamos o treinamento contínuo com 5% mc (TC5) e padronizamos, adaptando às condições do exercício de natação com animais, dois protocolos de treinamento intervalado utilizados com humanos (STEPTO et al., 1999), sendo um TI curto, E:P de 30/30s (TI10) e um TI longo, E:P de 4min/1min:30s (TI7,5).

Um dos problemas para realizar a comparação entre dois métodos de treinamento tem sido atribuída ao controle e equiparação da sobrecarga. MORRIS et al. (2002) citam que alguns resultados contraditórios na literatura podem ser atribuídos à falha na equiparação da sobrecarga total de trabalho e na diferença de intensidade entre os protocolos. Assim mesmo, alguns estudos têm sido realizados equiparando a sobrecarga de trabalho total, multiplicando o tempo de exercício (min) x intensidade (%VO₂max) (GOROSTIAGA et al., 1991; OVEREND et al., 1992). Na natação com humanos, MUJKA et al. (1996) quantificaram a sobrecarga de treinamento multiplicando a distância total nadada (Km) pelo nível de intensidade na qual era realizado o exercício.

Nesse estudo, foi feita a equiparação da sobrecarga de trabalho total dos protocolos de treinamento através da intensidade de exercício, expressa em percentual da massa corporal (% mc), multiplicada pelo tempo total (min) de exercício, expressa em unidade de treinamento (UT). Os três protocolos de treinamento tiveram a mesma sobrecarga, 300 UT/sessão. Assim, o trabalho total dos três protocolos de treinamento foi equiparado para observar diferenças relacionadas ao tipo de treinamento, ou seja, o diferencial entre os protocolos de treinamento foi a combinação da relação E:P e da intensidade.

Para identificar os efeitos do treinamento, utilizamos duas avaliações. Uma medida indireta do metabolismo aeróbio através do LAN e uma medida direta através do metabolismo glicídico *in vitro*.

O LAN tem se mostrado como índice de avaliação aeróbio mais sensível aos efeitos do treinamento com humanos (JACOBS, 1986). Com ratos, PILIS et al. (1993) determinaram o LAN no exercício na esteira. Apesar disso, o LAN no exercício em esteira, não tem sido utilizado em como índice de avaliação aeróbia com ratos. Os estudos com esteira, para o treinamento aeróbio com ratos, têm utilizado o VO_{2max} como índice de avaliação aeróbia (PIÇARRO et al., 1989; WISLOFF et al, 2001). No exercício de natação com ratos, há avaliações aeróbias padronizadas, como o EMEL (GOBATTO et al., 2001) e o LAN pelo teste de lactato mínimo (VOLTARELLI et al., 2002). Mesmo assim, nenhum estudo procurou utilizar o LAN para avaliar os efeitos do treinamento no exercício de natação com ratos.

O LAN foi determinado pelo mesmo teste padronizado no Estudo II, teste incremental contínuo. Na maioria dos animais (sedentários = 87,5 e treinados = 54,2%) foi possível identificar o LAN. Contudo, nos animais treinados, esse percentual foi menor, com alguns animais apresentando comportamento linear na concentração de lactato sangüíneo durante o teste. GOBATTO et al. (1991) não observaram aumento abrupto na concentração de lactato sangüíneo em teste com aumento de cargas progressivas na natação com ratos sedentários e treinados. Possivelmente, a realização de um período de adaptação ao meio líquido, antes da realização do teste e a escolha de cargas iniciais mais leves possa explicar a diferença entre os resultados dos animais sedentários.

A concentração de lactato sanguíneo depende ao mesmo tempo da produção e da remoção de lactato (BROOKS, 1991). O efeito do treinamento, que reduz a concentração de lactato sanguíneo no exercício submáximo com carga contínua, esta associado à maior taxa de remoção de lactato em humanos (STANLEY et al., 1985), e ratos (DONOVAN; BROOKS, 1983).

O LAN é verificado em uma dada intensidade quando a produção de lactato excede sua remoção e acontece o acúmulo abrupto na concentração de lactato, no exercício com humanos antes e após período de treinamento. MacRAE et al. (1992) verificaram em teste incremental, que indivíduos treinados apresentam melhor eficiência de remoção de lactato à 50, 60% do VO_{2maxo} e no valor do VO_{2max} e aumento da remoção de lactato acima de 4mM de lactato. DONOVAN e PAGLIASSOTI (1990), utilizando infusão de lactato em repouso, observaram que com o aumento da concentração de lactato sanguíneo a taxa de remoção de lactato aumenta mais rapidamente nos ratos treinados, atingindo um nível de saturação para ambos, treinados e sedentários. Um dado interessante, nesse estudo, é que a medida que a taxa de infusão de lactato é aumentada, o acúmulo de lactato nos animais treinados passa a não apresentar um aumento abrupto como nos sedentários.

Uma hipótese para explicar por que alguns animais não apresentaram o aumento abrupto na concentração de lactato sanguíneo, LAN, é que o treinamento modifique a razão produção/remoção de lactato nos ratos de forma diferente da que ocorre em humanos e a taxa de remoção de lactato continue aumentando à medida em que a carga é aumentada, impedindo visualizar o aumento abrupto na curva de lactato *versus* carga. Para confirmar tal hipótese, é preciso saber como a taxa de remoção de

lactato se comporta nos ratos durante teste incremental após o treinamento em intensidades abaixo, acima e no LAN.

Ainda assim, a hipótese da melhora na remoção de lactato nos animais treinados pode não ser uma boa explicação, uma vez que em mais da metade (54,2%) dos animais foi possível observar um aumento abrupto na concentração de lactato sanguíneo durante o teste do LAN. Alguns problemas metodológicos podem interferir nesses resultados e devem ser mais estudados. Um desses problemas pode ser a profundidade do tanque, que permite ao animal descansar no fundo do tanque, reduzindo o ritmo do exercício. Isto pode influenciar tanto na produção como na remoção de lactato. Outro dado que também não está claro é se a concentração de lactato sanguíneo medida na calda do animal representa a produção de lactato do músculo exercitado. De qualquer forma, além dessas duas variáveis, a alteração na eficiência de remoção de lactato com o treinamento e sua relação com LAN merecem ser investigadas.

Como não foi possível determinar o LAN em todos os animais após o treinamento, procuramos verificar a concentração de lactato sanguíneo relativa à carga de 5% mc. A concentração de lactato sanguíneo relativa à carga de 5% mc apresentou redução percentual nos três grupos de treinamento (TC5= 21,8; TI7,5= 12,7 ; TI10= 12,7%). No entanto, apenas o grupo TC5 apresentou valores significativamente inferiores ao grupo SED e não houve diferença significativa entre os grupos de treinamento. A redução da concentração de lactato sanguíneo a uma determinada carga submáxima é um efeito clássico do treinamento aeróbio, observado em humanos, (EKBLUM, 1968; KARLSSON et al. 1972; FARREL et al. 1979; MacRAE et al.,

1992). Esse efeito do treinamento pode ser explicado pela menor produção e/ou maior remoção de lactato.

A produção de lactato é decorrente da degradação de glicogênio muscular ou da glicose sanguínea. Uma das causas pela menor concentração de lactato sanguíneo após o treinamento aeróbio é a redução na produção, verificada pela maior oxidação de ácidos graxos e redução da glicólise anaeróbia (HOLLOSZY; COYLE, 1984). Os resultados que suportam essa hipótese são: aumento da capacidade oxidativa mitocondrial (ANDERSEN; HENRIKSSON, 1977); aumento do pool enzimático do ciclo dos ácidos tricarboxílicos e da cadeia transportadora de elétrons (HOLLOSZY, 1973); aumento da capacidade de oxidar ácidos graxos (BALDWIN et al., 1972); verificado pela redução da razão de troca respiratória (RER) (MacRAE et al., 1992; MAUGHAN et al., 2000); aumento das concentrações de ADP, AMP, NADH e citrato que reduzem o ritmo da glicólise (HOLLOSZY; COYLE 1984; MAUGHAN et al., 2000); menor concentração de catecolaminas e redução de insulina que podem reduzir o ritmo da glicogenólise e produção de lactato (DUAN & WINDER, 1994).

Por outro lado, alguns estudos têm demonstrado que a redução da concentração de lactato sanguíneo em exercício submáximo é determinada pela maior remoção de lactato. O aumento da remoção de lactato, verificada tanto em ratos (DONOVAN; BROOKS, 1983) como em humanos (STANLEY et al., 1985), é feita pelo fígado, rins coração e fibras tipo I (BROOKS, 1991).

Apesar da controvérsia sobre o mecanismo que reduz a concentração de lactato sanguíneo em exercício submáximo, MacRAE et al. (1992) observaram que ambos, redução na produção e aumento da remoção de lactato sanguíneo, ocorrem durante exercício progressivo. Com base apenas na concentração de lactato sanguíneo

não é possível identificar qual desses fatores esteja contribuindo em maior grau. É possível que ambos, menor produção e maior remoção, sejam responsáveis pela redução da concentração de lactato sanguíneo após o treinamento.

Independente do mecanismo que reduz a concentração de lactato sanguíneo em exercício submáximo, os três modelos de treinamento empregados nesse estudo reduziram percentualmente a concentração de lactato sanguíneo. No exercício agudo contínuo submáximo há predominância do recrutamento de fibras Tipo I, o que pode ser observado pela maior depleção de glicogênio nessas fibras em comparação com as do Tipo II (ESSEN, 1978; GREEN, 1978), enquanto que com o treinamento aeróbio, ocorre aumento do recrutamento das fibras Tipo I em exercício submáximo (STALLKNECHT et al., 1998).

A resposta enzimática também parece responder de acordo com o tipo de treinamento. O aumento da atividade da succinato desidrogenase (SHD), enzima do ciclo de Krebs, ocorre somente nas fibras Tipo II com o treinamento intervalado e nas fibras Tipo I com o treinamento contínuo (HENRIKSON; REITMAN, 1976). GOROSTIAGA et al. (1991) observaram aumento na atividade de uma enzima do ciclo de Krebs, citrato sintase (CS), apenas com o TC, enquanto que a atividade da enzima adelinato cinase, da via glicolítica, aumentou apenas com o TI.

Essa idéia suporta a hipótese de que nos animais submetidos ao treinamento intervalado, as fibras Tipo I fossem estimuladas em menor proporção, enquanto que no TC houve maior aumento na capacidade oxidativa. A diferença no padrão de recrutamento de fibras, utilização do substrato energético reflete na razão produção:remoção de lactato e pode explicar porque somente os animais TC5 apresentaram redução significativa na concentração de lactato sanguíneo relativa a 5%

mc. Com relação aos animais do TI7,5, essa hipótese pode ser sustentada através dos maiores valores na concentração de lactato sanguíneo durante a sessão de treinamento (TI7,5 = 5,8, $p < 0,05$; TC5 = 3,4; TI10 = 3,2 mM). Com relação ao TI10, devido a maior intensidade e menor tempo de esforço, a demanda energética pode ter sido paga através da maior proporção do metabolismo anaeróbio alático combinado com o anaeróbio láctico e aeróbio.

Em estudos com humanos que compararam o TC com o TI os resultados são contraditórios. GOROSTIAGA et al. (1991) encontraram menores valores na concentração de lactato sanguíneo em teste contínuo somente com o TC. Por outro lado, FRANCH et al. (1998) verificaram redução significativa na concentração de lactato sanguíneo em exercício submáximo, tanto com TC como no TI_{curto} e TI_{longo}, sem haver diferença entre eles. No estudo de FRANCH et al. (1998), a intensidade foi utilizada para levar a exaustão a cada sessão de treinamento, não havendo uma equiparação linear entre intensidade e tempo. GOROSTIAGA et al. (1991) utilizaram um modelo semelhante ao do nosso estudo, TC a 50% do $VO_2\text{max}$ e TI com E:P de 30/30s a 100/50% do $VO_2\text{max}$ e vinte minutos de duração.

Os achados contraditórios podem ser explicados pela diferença entre os protocolos, principalmente com relação à intensidade na qual é realizado o treinamento. A intensidade pode influenciar nos resultados. Os estudos citados acima consideram uma relação linear entre carga versus tempo.

Com a avaliação do metabolismo glicídico *in vitro*, foi possível ter informações adicionais sobre as adaptações com o treinamento. Não houve diferença significativa na captação de glicose, na concentração de lactato total e na oxidação de

glicose. Enquanto que nos animais do TI7,5 a síntese de glicogênio foi maior com relação aos sedentários e a produção de lactato maior com relação ao TC5.

A captação de glicose no músculo é feita através da ação da insulina, mediada pelo transportador GLUT-4 e tanto o aumento da sensibilidade à insulina como do número de transportadores de glicose têm sido observados após treinamento aeróbio (RODNICK, 1992; HARGREEVES, 1997). Alguns estudos, realizados *in vitro* verificaram, maior captação de glicose nos animais treinados com 5% mc (GOBATTO, 1997); aumento de GLUT-4, do transporte de glicose através de contração muscular induzida por estímulo elétrico e com treinamento intervalado de alta e baixa intensidade em músculo com fibras Tipo II, epitrochlearis, 17-19h após a última sessão de treinamento (TERADA et al., 2001). YASPELKYS et al. (2002) verificaram que a taxa de transporte de glicose determinada por perfusão na presença de 500 μ U/mL de insulina, 36-40 h após a última sessão de treinamento aeróbio na esteira, também aumentou no sóleo.

Apesar desses dos resultados citados acima, nos três grupos de animais treinados não houve aumento significativo na captação de glicose com relação ao grupo SED, apenas tendência a aumento percentual, com maiores valores no TI7,5 (18,3%), seguidos pelo TC5 (13,5%) e TI10 (5,7%). Da mesma forma, BRAGA (2002) não encontrou diferença na captação de glicose em fatias de sóleo incubado, tanto com o TC5 como em um TI com relação de esforço:pausa de 15:15s com 15% mc. LEIGHTON et al. (1989), também com incubação do sóleo, não encontraram aumento na sensibilidade à insulina, captação de glicose e síntese de glicogênio após treinamento aeróbio na esteira, sendo que a melhora no metabolismo glicídico ocorreu apenas com o exercício agudo.

Nos estudos de TERADA et al. (2001) e YASPELKYS et al. (2002), a avaliação foi realizada com menos de 48h (17-40h) após a última sessão de exercício. IVY et al. (1983) demonstraram que o treinamento não leva ao aumento da captação de glicose, mas sim o exercício agudo. De modo contrário, TAN e BONEN (1987) encontraram aumento da captação de glicose 48h após a última sessão de treinamento por corrida em esteira. Talvez a diferença entre o exercício na esteira e o de natação, assim como o tipo de músculo estudado e a diferença entre os protocolos de treinamento, relação volume intensidade, possam explicar tais contradições.

De qualquer forma, nossos resultados, apesar de algumas evidências contrárias (TAN; BONEN, 1987; GOBATTO, 1997), confirmam os resultados de IVY et al. (1983), que não observaram aumento da taxa de captação de glicose após 48h com o treinamento aeróbio, e acrescenta outra informação, ou seja, além do TC, os dois modelos de TI aeróbio, curto e longo, utilizados nesse estudo, também não aumentam a taxa de transporte de glicose no músculo sóleo.

Talvez uma forma alternativa para melhor elucidar essa questão seja a determinação *in vivo*, da sensibilidade à insulina, como o teste de tolerância à insulina (TTI). ROGATTO (2001) verificou aumento na taxa de remoção de glicose, Kitt, com o treinamento anaeróbio intervalado de alta intensidade através de saltos dentro d'água.

O grupo TI7,5 apresentou maior valor na síntese de glicogênio muscular com relação aos grupos SED e TC5, e maior produção de lactato com relação ao TC5.

A taxa de síntese de glicogênio pode ser limitada pela quantidade de glicose transportada para dentro da célula ou pela concentração de glicogênio já existente (BERGER et al. 1975). Como não houve diferença nos teores de glicogênio do músculo entre os grupos experimentais, o aumento na síntese de glicogênio verificado

no TI7,5 só pode ser atribuído ao aumento da captação de glicose. De fato, apesar de não haver diferença significativa, o grupo TI7,5 foi o que apresentou maior valor percentual na captação de glicose (18,3%). Esse aumento, apesar de não ser acusado pela estatística empregada, deve ter ocasionado maior síntese de glicogênio nos animais do grupo TI7,5. Essa idéia é suportada com base no estudo de HENRIKSEN et al. (1996), que observaram relação direta entre a maior captação de glicose e síntese de glicogênio no músculo sóleo de ratos.

Resultados contraditórios na literatura, tal como os verificados na captação de glicose, ocorreram também na síntese de glicogênio e na produção de lactato. TAN e BONEN (1987) encontraram maior síntese de glicogênio e lactato no músculo sóleo, enquanto LANGFORT et al. (1991) verificaram aumento na síntese de glicogênio e lactato apenas 24 h após a última sessão de treinamento aeróbio contínuo e de velocidade no músculo epitrochlearis. Com exercício agudo, BONEN et al. (1984) observaram maior glicogênese, tanto em fibras tipo I, sóleo, como em fibras Tipo II, extensor digitorius longo, enquanto que LEIGHTON et al. (1989), além de maior glicogênese, também verificaram maior produção de lactato.

A relação direta entre a maior captação de glicose e síntese de glicogênio sugerida por HENRIKSEN et al. (1996), parece também influenciar a produção de lactato. No entanto, a afinidade enzimática da glicogênio sintetase (GS) e da lactato desidrogenase (LDH), responsáveis pela glicogênese e produção de lactato, respectivamente, podem estar aumentada.

TAYLOR e BACHMAN (1999) confirmam que ocorre aumento da atividade das enzimas envolvidas com a síntese e degradação de glicogênio muscular com o treinamento aeróbio. Com o treinamento TI7,5 os animais apresentaram maiores

valores de lactato ($5,8 \pm 0,4$), durante a sessão de treinamento. Isso é um indicativo de que esses animais utilizaram a via anaeróbia em maior grau, e que possivelmente, a maior glicogenólise durante o exercício possa ter aumentado a atividade enzimática da GS em maior grau do que nos outros protocolos de treinamento.

O treinamento intervalado aeróbio tem demonstrado eficiência em melhorar parâmetros anaeróbios, como no teste de Wingate, 30s máximo no cicloergômetro (GAIGA; DOCHERTY, 1995).

Possivelmente, o que determinou a diferença significativa na produção de lactato entre o TI7,5 e TC5 e ausência de diferença entre o TI7,5 e o SED foi a redução percentual (-27,9%), embora não significativa, na produção de lactato ocorrida nos animais TC5 comparada aos SED. O exercício contínuo submáximo prolongado recruta as fibras tipo I em maior grau (STALLKNECHT et al., 1998), promove hipertrofia e aumento relativo da área muscular das fibras tipo I (GOLLNICK et al., 1973), e maior aumento da capacidade oxidativa das fibras tipo II comparadas às do tipo I (MAUGHAN et al., 2000). É possível que, no músculo sóleo como um todo, tenha ocorrido redução na atividade glicolítica anaeróbia ou maior capacidade de remoção de lactato com o treinamento contínuo TC5.

A capacidade de transporte de lactato é outro fator que pode ter contribuído para a diferença na produção de lactato. PILLERGAARD et al. (1993) observaram que a capacidade de transporte de lactato é aumentada com o treinamento intervalado na esteira, mas não com o treinamento contínuo de natação sem sobrecarga. EVERTEN et al. (2001) verificaram que o treinamento moderado em esquiadores reduziu a concentração de transportadores MCT_1 , principal transportador de lactato no músculo esquelético humano. Esses resultados sugerem que o treinamento intervalado

intenso aumenta a concentração de transportadores de lactato, enquanto que o treinamento contínuo mantém ou reduz.

Além da via aeróbia, o protocolo TI7,5 deve solicitar em maior grau a via anaeróbia láctica do que os outros protocolos de treinamento, o que pôde ser comprovado pelos maiores valores de lactato sangüíneo durante a sessão de treinamento. Dentre os protocolos de treinamento estudados, o TI7,5 parece uma boa combinação para desenvolver tanto o metabolismo aeróbio como o anaeróbio láctico.

Na oxidação de glicose, não houve diferença significativa entre os grupos experimentais. O treinamento não altera a proporção de utilização de carboidratos no músculo em repouso, prevalecendo a oxidação de lipídeos, enquanto que, durante o exercício submáximo realizado com a mesma carga absoluta, há redução tanto da utilização de glicogênio muscular como de glicose sangüínea (MENDENHALL, et al., 1994).

Apesar das alterações na utilização de carboidratos durante o exercício submáximo em intensidades absolutas, segundo WESTHGART-TAYLOR et al. (1997) isso não ocorre em intensidade relativa a 60, 70 e 80% da potência pico, no ciclismo. Nesse estudo os autores encontraram melhora no tempo de 40 Km de ciclismo em função do treinamento intervalado intensivo e concluíram que a melhora na capacidade dos ciclistas em manter um ritmo de trabalho mais elevado não se relacionava com a taxa de oxidação de glicose. Outro dado interessante nesse trabalho é que, em menor intensidade, 50% da potência pico, a oxidação de lipídeos não se alterou com o treinamento e ambas as intensidades, absoluta e relativa.

Após a captação de glicose pelo músculo, a glicose passa por uma série de reações até formar piruvato. O piruvato pode formar lactato, sob a ação da LDH, o

que normalmente acontece em exercício de alta de intensidade e curta duração. Outro caminho para o piruvato é ser descarboxilizado a Acetil-CoA e entrar no ciclo dos ácidos tricarboxílicos para ser oxidado, sob a ação da piruvato desidrogenase (PDH). Nesse caso, essa reação é essencialmente irreversível e tem como consequência a entrada do piruvato no ciclo dos ácidos tricarboxílicos (MAUGHAN et al., 2000).

A piruvato desidrogenase é composta por um complexo de três enzimas e sua ativação é regulada por variações na disponibilidade de Ca^{+2} , durante a contração muscular, e sua inibição pelo aumento nas proporções de ATP/ADP, Acetil-coenzima A/coenzima A e NADH/ NAD (MAUGHAN et al., 2000). É possível que a atividade da PDH não tenha sofrido alteração com os protocolos de treinamento empregados nesse estudo.

Outro aspecto que deve ser considerado é a especificidade do treinamento com relação ao padrão de recrutamento de fibras. HENRIKSSON e REITMAN (1976) observaram que o aumento da atividade da SDH ocorre de maneira específica, nas fibras tipo I com o TC e nas fibras tipo II com o TI, ou seja, de acordo com o padrão de recrutamento de fibras. Estudando o ciclo da glicose-ácido graxo NOLTE et al. (1994), através de incubação, verificaram que o aumento da disponibilidade de AGL exerce inibição seletiva na fosforilação e oxidação de glicose nas fibras tipo I, do sóleo, mas não nas fibras tipo II, epitrochlearis. Apesar de outros estudos não confirmarem aumento da oxidação de glicose pelo músculo sóleo, na presença de oleato (GOBATTO, 1997; STEVANATO, 1999), é possível que o aumento da capacidade oxidativa no sóleo ocorra preferencialmente na oxidação dos lipídeos em quanto que a oxidação de glicose não sofra muita alteração. Esse pode ser um dos motivos pelo qual não houve diferença na oxidação de glicose entre os animais.

Para esclarecer melhor esta questão, talvez fosse necessário analisar a oxidação do metabolismo lipídico conjuntamente e analisar um músculo com fibras predominantemente tipo I.

Por outro lado, pode ser que a oxidação de glicose durante o processo de incubação seja diretamente influenciada pela taxa de captação de glicose, ou seja, o efeito de ação das massas. Como a captação de glicose não diferiu significativamente entre os grupos, a proporção de glicose captada foi oxidada nos quatro grupos experimentais.

O processo de incubação foi sensível para determinar algumas alterações no metabolismo glicídico entre os protocolos de treinamento estudados. Após oito semanas de treinamento era de se esperar que a atividade enzimática que regula a via glicolítica tivesse sido alterada. Por exemplo, a fosfofrutoquinase (PFK), enzima reguladora da glicólise ou a piruvato desidrogenase (PDH), que controla entrada de piruvato no ciclo dos ácidos tricarboxílicos. Uma hipótese é que a intensidade dos protocolos de treinamento não tenha sido suficiente para determinar alterações significativas na captação e oxidação de glicose. Por outro lado, o processo de incubação aqui realizado, talvez não seja tão sensível para discriminar alguns efeitos do treinamento.

Cabe aqui ressaltar, que como houve maior captação de glicose no grupo TI 7,5, sem diferença significativa, e não houve diferença na oxidação de glicose, esse aumento na captação de glicose deve ter ocasionado a maior síntese de glicogênio e produção de lactato nesses animais. Esses resultados demonstram que o TI7,5 melhorou o metabolismo anaeróbico, o que não ocorreu com os grupos TI10 e TC5, e uma maior eficiência na glicogênese, parâmetro importante na realização do exercício.

Tanto os teores de glicogênio hepático, quanto muscular não apresentaram diferença significativa entre os grupos. A literatura apresenta resultados contraditórios com relação a esses parâmetros. LUCIANO (1991) e GOBATTO (1997) não encontraram alteração nos teores de glicogênio muscular em função do treinamento aeróbico contínuo, bem como BRAGA (2002), com o treinamento intervalado. LEIGHTON et al. (1989) não constataram mudança no conteúdo de glicogênio muscular com o TC na esteira. O conteúdo de glicogênio no músculo epitrochlearis foi significativamente maior com o treinamento contínuo e de velocidade na esteira apenas 24h após a última sessão de treinamento (LANGFORT et al., 1991).

A intensidade parece influenciar os teores de glicogênio hepático. Utilizando a natação sem sobrecarga LUCIANO (1991) não observou diferença entre animais sedentários e treinados. Por outro lado, AZEVEDO (1994) e GOBATTO (1997) encontraram maiores valores de glicogênio hepático nos animais submetidos ao treinamento com sobrecargas de 8% mc e 5% mc, respectivamente. Nesse caso, a intensidade parece determinar a alteração do glicogênio hepático. No entanto, SANTOS et al., (2000), utilizando o protocolo TC5, não encontrou diferença entre os animais treinados e sedentários, o que descarta de certa forma a possibilidade da influencia da intensidade do exercício. Nossos resultados também corroboram com essa idéia, pois mesmo utilizando o protocolo TC5 e dois protocolos de treinamento intervalado, não foram encontradas diferenças no glicogênio hepático.

5.5. Conclusões

- Foi possível determinar o LAN na maioria dos animais sedentários, enquanto que após o treinamento, na maioria dos animais isso não ocorreu, uma vez que

a concentração de lactato sangüíneo, após o treinamento, não apresentou aumento abrupto durante o teste do LAN.

- Os animais que realizaram o treinamento contínuo TC5 apresentaram menores valores na concentração de lactato sangüíneo relativa a 5% mc, que pode ter sido ocasionada pela maior oxidação de AGL e redução da glicólise anaeróbia.

- O treinamento intervalado TI7,5 apresentou melhora no metabolismo glicídico, relacionado à síntese de glicogênio e produção de lactato, além dos maiores valores de lactato sangüíneo durante a sessão de treinamento avaliada. Esse conjunto de resultados demonstra que esse protocolo de treinamento solicita a via anaeróbia em maior grau do que os demais avaliados, dado importante para o desempenho competitivo.

- A equiparação da sobrecarga entre os grupos que realizaram treinamento pode ter influenciado para que não houvesse outras diferenças significativas entre os grupos.

- Apenas com base na avaliação do metabolismo glicídico *in vitro* e na resposta de lactato não foi possível determinar com precisão qual dos protocolos de treinamento apresentou maior eficiência em melhorar a aptidão aeróbia. É possível que esses parâmetros não sejam sensíveis suficientes para detectar possíveis alterações decorrentes do treinamento de natação com ratos. Por outro lado, a equiparação da sobrecarga entre os grupos que realizaram treinamento pode ter influenciado para que não houvesse maiores diferenças significativas.

- Outros parâmetros de avaliação aeróbia, como a atividade enzimática do ciclo de Krebs ou a resposta da concentração de lactato sangüíneo, em teste contínuo

com carga submáxima, talvez possam esclarecer melhor as adaptações em função do treinamento aeróbio no exercício de natação com ratos.

5.6. Referências

- ANDERSEN, P.; HENRIKSSON, J. Training induced changes in the subgroups of human type II skeletal muscle fibres. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.99, 1977.
- AZEVEDO, J. R. M. **Determinação de parâmetros bioquímicos em ratos sedentários e treinados durante e após o exercício agudo de natação**. 1994. 174 f. Tese (doutorado em ciências – área de concentração: fisiologia) - Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 1994.
- BALDWIN, K. M. et al. Respiratory capacity of white, red and intermediate muscle: adaptive response to exercise. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v.222, p.373-378, 1972.
- BERGER, M.; HAGG, S.; RUDERMAN, N. B. Glucose metabolism in perfused muscle skeletal muscle-interaction of insulin and exercise on glucose uptake. **Biochemical Journal**, London, v.146: p.231-238, 1975
- BILLAT, L.V. Interval training for performance: a scientific and empirical practice: special recommendations for middle and long-distance running. Part I: aerobic interval training. **Sports Medicine**, Auckland, v.31, n.1, p. 13-31, 2001.
- BONEN, A.; TAN, M. H.; WATSON-WRIGHT, W. M. Effects of exercise on insulin binding and glucose metabolism in muscle. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v.62, p.1500-1504, 1984.
- BRAGA, L.R.; MELLO, M.A.R.; GOBATO, C.A. Ganho de peso e gordura corporal de ratos obesos submetidos ao treinamento contínuo e intermitente. **Motriz**, Rio Claro, v.7, n.1(Supl), p.S209, 2001.
- BRAGA, L.R. **Exercício contínuo e intermitente: efeitos do treinamento e do destreinamento sobre a adiposidade corporal de ratos obesos**. 2002. 90 f. Dissertação (mestrado em motricidade humana – área de concentração: biodinâmica da motricidade humana). Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Rio Claro, 2002.
- BROOKS G. A. Current concepts in lactate exchange. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.23, p.895-906, 1991.
- COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- CUNNINGHAM, D. A.; GRIMMON, M. C.; VLACH, L. F. Cardiovascular response to interval and continuous training in women. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.41, n.3, p.187-197, 1979
- DONOVAN, C.M.; BROOKS, G.A. Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. **American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v.244, n.7, , p.E83-92. 1983.

- DONOVAN, C. M.; PAGLIASSOTTI, M. J. Enhanced efficiency of lactate removal after endurance training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.68, n.3, p.1053-1058, 1990
- DUAN, C.; WINDER, W.W. Effect the endurance training on activators of glycolysis in muscle during exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.76, n.2, p.846-852, 1994.
- DUBOIS, B.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, p.350-356, 1956.
- EKBLUM, B. Effect of physical training on circulatory response to exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.24, n.4, p.518-528, 1968.
- ESSEN, B. Glycogen depletion of different fibre types in human skeletal muscle during intermittent and continuous exercise **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.103, n.4, p.446-55, 1978.
- EVERTSEN, F.; MEDBO, J. I.; BONEN, A. Effect of training on muscle lactate transporters and lactate threshold or cross-country skiers. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.173, p.195-205, 2001.
- FARREL, P. A.; WIMORE, J. H.; COYLE, E. F.; BILLING, J. E.; COSTILL, D. L. Plasma lactate accumulation and distance running performance. **Medicine and Science in Sports**, Madison, v.11, n.4, p.338-344, 1979.
- FRANCH, J.; MADSEN, K.; DJURHUUS, M. S.; PEDERSEN, P. K. Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. **Medicine Science Sports Exercise**. v.30, n.8, p.1250-1256, 1998.
- GAIGA, M. C.; DOCHERTY, D. The effect of an aerobic interval training program on intermittent anaerobic performance. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Champaign Il, v.20, n.4, p.452-464, 1995.
- GALDINO, R.; ALMEIDA, C.C.S.; LUCIANO, E.; MELLO, M.A.R. Protein malnutrition does not impair glucose metabolism adaptations to exercise training. **Nutrition Research**, New York, v.20, n.4, p.527-535, 2000.
- GOBATTO, C. A.; KOKUBUN, E.; SYBUIA, C. Y.; MELLO, M.A.R. Efeitos da desnutrição protéico-calórica e do treinamento físico na produção de ácido láctico em ratos machos adultos após teste de cargas progressivas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, (Anais do SBPC), v.43, p.725-726, 1991.
- GOBATTO, C.A.; SIBUYA, C.; KOKUBUN, E.; MELLO, M.A.R.; Muscle glycolytic flux of malnourished, recovered and exercise-trained rats. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.29 n.5(Suppl.), p.S, 1997.
- GOBATTO, C. A. **Metabolismo glicídico em músculo sóleo isolado d ratos desnutridos e recuperados**. 1997. 101 f. Tese (doutorado em ciências biológicas – área de concentração: fisiologia e biofísica). Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 1997.
- GOBATTO, C.A.; MELLO, M.A.R.; SIBUYA, C.Y.; AZEVEDO, J.R.M.; SANTOS, L.A.; KOKUBUN, E., Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming

- exercise. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, Oxford, v.130, n.1, p.21-7, 2001.
- GOLLNICK, P. D.; ARMSTRONG, R. B.; SALTIN, B.; SAUBERT, C. W.; SEMBROWICH, W. L.; SHEPHERD, R. E. Effect of training on enzyme activity and fiber composition of human skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.34, p.107-11, 1973.
- GOROSTIAGA, E. M.; WALTER, C. B.; FOSTER, C.; HICKSON, R. C. Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.63, n.2, p.101-7, 1991.
- GREEN, H. J. Glycogen depletion patterns during continuous and intermittent ice skating. **Medicine Science Sports**. v.10, n.3, p.183-187, 1978.
- HENRIKSEN, E. J.; STUMP, C. S.; TRINH, T. T.; BEATY, S. D. Role of the glucose transport in glycogen supercompensation in reweighted rat skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.80, n.5, p.1540-1546, 1996.
- HENRIKSSON, J.; REITMAN, J. S. Quantitative measures of enzyme activities in type I and type II muscle fibres of man after training. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.97, p.392-397, 1976.
- HOLLOSZY, J. O. Biochemical adaptations to exercise: aerobic metabolism. **Exercise Sports Science Reviews**. p.45-71, 1973.
- HOLLOSZY, J. O.; COYLE, E. F. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. **Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology**, Bethesda, v.56, n.4, p.831-838, 1984.
- IVY, J. L.; YOUNG, J. C.; McLANE, J. A.; FELL, R. D.; HOLLOSZY, J. O. Exercise training and glucose uptake by skeletal muscle in rats. **Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology**, Bethesda, v.55, n.5, p.1393-1396, 1983.
- JACOBS, I. Blood lactate: implications for training and sports performance. **Sports Medicine**, Auckland, v.3, p.10-25, 1986.
- KARLSSON, J.; NORDESJÖ, L.; JORFELDT, L.; SALTIN, B. Muscle lactate, ATP and CP levels during exercise after physical training in man. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.33, n.2, p.199-203, 1972.
- LANGFORT, J.; BUDOHOSKI, L.; KACIUBA-USCILKO H.; NAZAR K.; CHALLISS J. R.; NEWSHOLME E. A. Effect of endurance and sprint exercise on sensitivity of glucose metabolism to insulin in the epitrochlearis muscle of sedentary and trained rats. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.62, n.2, p.145-50, 1991.
- LAURSEN, P.B.; JENKINS, D.G. The scientific basis for high-intensity interval training. **Sports Medicine**, Auckland, v.32, n.1, p.53-73. 2002.
- HARGREAVES M. Interactions between muscle glycogen and blood glucose during exercise. **Exercise and Sports Science Reviews**. Willians & Wilkins. v. 25 p.21-39, 1997.

LEIGHTON, B.; BLOMSTRAND, E.; CHALLISS, R. A.; LOZEMAN, F.J.; PARRY-BILLINGS, M.; DIMITRIADIS, G.D.; NEWSHOLME E.A. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.136, n.2, p.177-84, 1989.

LINDSAY, F.H., HAWLWY, J.A; MYBURGH, K.H.; SCHOMER, H.H.; NOAKES, T.D.; DENNIS, S.C. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28., n.11, p.1427-1434, 1996.

LUCIANO, E. **Influências do treinamento físico sobre o metabolismo de carboidratos em ratos diabéticos experimentais**. 1991. 108 f. Tese (Doutorado em Ciências Biomédicas) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1991.

LUCIANO, E. & MELLO, M.A.R. Atividade física e metabolismo de proteínas em músculo de ratos diabéticos experimentais. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.12, n.2, p.202-209,1998.

LUCIANO, E. & MELLO, M.A.R. Efeitos do exercício crônico sobre as proteínas no diafragma de ratos diabéticos. **Motriz**, Rio Claro, v.5, n.2, p.146-151,1999.

MACHADO, C.K.; ANDRADE, S.C.R.; VEIGA, M.C.F.A.; CASTRO, J.C.B. Efeito do exercício na hipertensão renovascular crônica em ratos. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v.4, n.1, p.11-17, 1999.

MacRAE, H. S. H.; DENNIS, S. C. BOSCH, A. N. NOAKES, T. D. Effects os training on lactate production an removal during progressive exercise in humans. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.72, n.5, p.1649-1656, 1992.

MAUGHAN, R.; GLEESON, M.; GREENHALFF, P. L. Bioquímica do exercício e treinamento. São Paulo: Manole. 240 p. 2000.

MELLO, M.A.R. Effect of exercise during pregnancy and damage on maternal blood chemistry and fetal growth. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.25, n.5, p.537-542, 1992.

MELLO, M.A.R. Effects of intrauterine and postnatal protein-calorie malnutrition on metabolic adaptations to exercise in young rats. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.27, n.10, p.2461-6, 1994.

MELLO, M.A.R. VILLAR,R.; ALMEIDA, A.G.; LUCAS, R.D.; ROSA, M.R.R.; PALLA,; A.C. Glucose igestion and blood glucose an lactate levels during exercise in protein-malnourished recovered rats. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31., n.5 (Suppl.), p.S196, 1999.

MELLO, M.A.R.; SOUZA, C.T.; BRAGA, L.R.; SANTOS, J.W.; RIBEIRO, I.; GOBATTO, C.A. Glucose Tolerance and Insulin Action in Monossodium Glutamate (MSG) Obese Exercise-trained Rats. **Physiological Chemistry and Physics and Medical NMR**, Portland, v.33, p.63-71, 2001.

MENDENHALL, L. A.; SWANSON, S. C.; HABASH, D. L.; COOGAN, A. R. Ten days of exercie training reduces glucose production and utilization during moderate-intensity excrise. **American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v.266, v.1, p.E136-143, 1994.

MORRIS, N.; GASS, G.; THOMPSON, N.; BENNETT, G.; BASIC, D.; MORTON, H. Rate and amplitude of adaptation to intermittent and continuous exercise in older men. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.34, n.3, p.471-477, 2002.

MUJKA, I.; BUSSO, T.; LACOSTE, L.; BARALE, F.; GEYSSANT, A.; CHATARD, J-C. Modeled responses to training and taper in competitive swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28, n.2, p.251-58, 1996.

NOLTE, L. A.; GALUSKA, D.; MARTIN, I. K.; ZIERATH, J. R.; WALLBERG-HENRIKSSON, H. Elevated free fatty acid levels inhibit glucose phosphorylation in slow-twitch rat skeletal muscle. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.151, p.51-59, 1994.

OVEREND, T. J.; PATERSON, D. H.; CUNNINGHAM, D.A. The effect of interval and continuous training on the aerobic parameters. **Canadian journal of sport sciences**. v.17, n.2, p.129-134, 1992.

PEREIRA, B.; ROSA, L.F.B.P.C.; BECHARA, E.J.H.; CURI, R. Antioxidant enzyme activities in the lymphoid organs and macrophages of rats trained to perform moderate exercise. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.48, n.1/2, p.43-46, 1996.

PERES, S. & LUCIANO, E. Influência de esteróide anabólico (deca-durabolin) sobre o metabolismo de ratos submetidos ao treinamento físico. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.9, n.2, p.131-137, 1995.

PIÇARRO, I. C.; TURECKI, G. X.; BARROS-NETO, T. L.; RUSSO, A. K.; SILVA, ^a C.; TARASANTCHI, J. Effect of the exercise during pregnancy: maternal and fetal responses of the rat. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.22, p.1535-1538, 1989.

PILEGGARD, H.; JUEL, C.; WIBRAND, F. Lactate transport studied in sarcolemmal giant vesicles from rats: effect of training. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v.264, n. 27. E156-160, 1993.

PILIS, W.; ZARZECZNY, R.; LANGFORT, J.; KACIUBA-USCIEKO, H.; NAZAR, K.; WOJTYNA, J. Anaerobic threshold in rats. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, Oxford, v.106A, n.2, p.285-289. 1993.

POOLE, D. C.; GAESSER, G. A. Response ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.58, n.4, p.1115-1121, 1985.

POWERS, S.K.; HOWLEY, E.D. **Fisiologia do Exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. São Paulo: Manole, 2000.

RODNICK, K. J.; HENRIKSEN, E. J.; JAMES, D. E.; HOLLOSZY, J. O. Exercise training, glucose transporters, and glucose transport in rat skeletal muscles. **American Journal of Physiology: Cell Physiology**, Bethesda, v.262, n.1, p.C9-14, 1992.

ROGATTO, G.P. **Efeitos do treinamento físico de alta intensidade sobre aspectos endócrino-metabólicos de ratos Wistar**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências da Motricidade – Área Biodinâmica da Motricidade). Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro, 2001.

SANTOS, J.W.; LUCIANO, E.; MELLO, M.A.R. Treinamento aeróbio e prevenção da diabetes induzida por aloxana em ratos. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.5, n.3, p.31-41, 2000.

SCHIMOLINSKY, G. **Atletismo**. Lisboa: Estampa, 1982.

SILVA, M.P.; MARCONDES, M.C.C.G.; MELLO, M.A.R. Exercício aeróbio e anaeróbio: efeitos sobre a gordura sérica e tecidual de ratos alimentados com dieta hiperlipídica. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.4, n.3, p.43-56, 1999.

SJÖRGREEN, B.; NORDENSKJOLD, T.; HOLMGREN, H.; WOLLERSTRON, J. Beitrag zur Kenntnis des Leberhythms. **Pflügers Archiv für die Gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere**, Berlin, v.240, p.47. 1938.

STALLKNECHT, B.; VISSING, J.; BALBO, H. Lactate production and clearance in exercise. Effect of training. A mini-review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, Copenhagen, v.8, p.127-131, 1998.

STANLEY, W. C.; GERTZ, E. W.; WISNESKI, J. A.; NEESE, R. A.; BROOKS, G.A. Systemic lactate kinetics during exercise graded exercise man. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v.249, p.E595-602, 1985.

STEPTO, N.K.; HAWLEY, J.A.; DENNIS, S.C. HOPKINS, W.G. Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31 n.5, p.736-741, 1999.

STEVANATO, E. **Efeitos do jejum sobre a interação entre o metabolismo de ácidos graxos livres e glicose em músculo esquelético de ratos treinados**. 1999. 81 f. Dissertação (mestrado em motricidade humana – área de concentração: biodinâmica da motricidade humana). Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Rio Claro, 1999.

TABATA, I.; NISHIMURA, K.; KOUZAKI, M.; HIRAI, Y. OGITA, F.; MIYACHI, M.; YAMAMOTO, K. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic and VO_{2max} . **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28., n.10, p.1327-1330, 1996.

TAN, M. H.; BONEN, A. Effect of exercise training on insulin binding and glucose metabolism in mouse soleus muscle. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v.65, p.2231-2234, 1987.

TAYLOR, A. W.; BACHMAN, L. The effects training on muscle fibres types and enzymes activities. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Champaign Il, v.24, n.1, p.41-53, 1999.

TERADA, S.; YOKOZEKI, T.; KAWANAKA, K.; OGAWA, K. HIGUCHI, M.; EZAKI, O.; TABATA, I. Effects of high-intensity swimming training on GLUT-4 and glucose transport activity in rat skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.90, n.6, p.2019-24, 2001.

VOLTARELLI, F.A., GOBATTO, C.A. MELLO, M.A.R. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.35, n.11:1389-94, 2002.

YASPELKIS III, B. B.; SINGH, M. K.; TREVINO, B.; KRISAN, A. D.; COLLINS, D. E. Resistance training increased glucose uptake and transport in rat skeletal muscle. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.175, p.315-323. 2002

WESTGARTH-TAYLOR, C.; HAWLEY, J. A.; RICKARD, S. Metabolic and performance adaptations to interval training in endurance-trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.75, p.298-304, 1997.

WISLOFF, U.; HELGERUD, J.; KEMI, O.J.; ELLINGSEN, O. , Intensity-controlled treadmill running in rats: VO_{2max} and cardiac hypertrophy. **American Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, Bethesda, v.280, n.3, p.H1301-10, 2001.

6. ESTUDO IV: MODELO EXPERIMENTAL DE PERIODIZAÇÃO DO TREINAMENTO AERÓBIO UTILIZANDO O EXERCÍCIO DE NATAÇÃO COM RATOS

6.1. Introdução

Desde a Grécia Antiga já havia preocupação com a organização do treinamento e com a preparação dos atletas para as competições. A preocupação de organizar o treinamento de forma sistemática para melhor controlar as variáveis que influenciam no rendimento esportivo culminou na elaboração de uma forma de organização do treinamento esportivo, denominada periodização. Entre os anos 50 e 60 do século passado, Matvéiev organizou o conhecimento desenvolvido até então e propôs um modelo de periodização (MANSO et al., 1996), que é adotado até hoje.

O modelo de periodização clássico de Matvéiev divide a temporada em períodos de preparação (básica e específica), competição e transição, onde devem ser representadas as curvas de volume e intensidade para que se tenha melhor controle da carga e se consiga atingir o auge do rendimento ou o pico, no momento pré-estabelecido. Para representar a carga de treino em unidades menores utilizam-se estruturas denominadas microciclos, que representam a carga durante a semana, e em mesociclos, unidades maiores que são formadas pelos microciclos.

Com base em alguns pontos falhos na proposta de Matvéiev e nas alterações nos sistemas e na quantidade de competições de várias modalidades, novas propostas de periodização surgiram. MANSO et al. (1996) citam algumas, como a de Verjoshanky, treinamento em blocos com alta intensidade; de Tschiene, com cargas elevadas em fases mais curtas de treinamento, indicada para esportes de potência; de Bompa, um modelo indicado principalmente para esportes coletivos e o modelo Acumulação, Transformação e Realização (ATR), proposto por Issurin & Kaverin.

Na natação, é comum o uso de um período de polimento antes da competição (MAGLISCHO, 1999), assim como em outros esportes individuais em que a competição é realizada em poucos dias. Independente do modelo de periodização, um fator que é comum em todos eles é a alternância dos métodos de treinamento e das cargas de forma ondulatória, durante a temporada. Essa alternância envolve tanto a relação volume-intensidade quanto as capacidades físicas a serem desenvolvidas, como força, resistência, velocidade, flexibilidade, que influenciam as adaptações metabólicas. Em provas aeróbias, prevalece a combinação do treinamento contínuo com o treinamento intervalado.

Estudos que possam testar modelos de periodização em equipes de alto rendimento são muito difíceis de serem realizados, pois a interferência na rotina de treinamento das equipes nem sempre é possível. Trabalhos realizados na natação, como os de COSTILL et al. (1991), que dobrou o volume de treinamento durante uma parte da temporada e o de PAPOTI (2003), que estudou o polimento através do controle e prescrição do treinamento baseado no LAN, só são possíveis devido ao bom relacionamento e a confiança entre treinador e pesquisador e por ser mais fácil investigar o treinamento em equipes juvenis ou de menor nível técnico.

Além da natação, outras modalidades têm investigado a periodização do treinamento, como o lançamento de disco (RIVERI, 1986); esqui (INGJER, 1991); caiaque (AITKEN, 1994); corrida (MARTIN; COE, 1997); treinamento resistido (KRAEMMER, 2004). Apesar disso, o número de pesquisas com a periodização é muito escasso.

Por outro lado, a periodização do treinamento nunca foi estudada através de modelos experimentais com ratos. Os estudos com cobaias utilizam protocolos de treinamento contínuo ou intermitente. Uma vez que, nem sempre é possível a realização de estudos através da alteração do treinamento com atletas de alto nível, a utilização de modelo experimental com ratos pode ser uma boa opção.

Deste modo, esse trabalho tem como objetivo elaborar um protocolo de treinamento experimental para o treinamento aeróbio de natação com ratos, combinando o modelo clássico de periodização de MATVÉIEV (1997) e a proposta de MAGLISCHO (1999) para a natação, e verificar sua eficiência através da resposta da concentração de lactato sangüíneo e do metabolismo glicídico muscular *in vitro*.

6.2. Materiais e Métodos

6.2.1. Animais e seu tratamento

Foram utilizados ratos adultos da linhagem Wistar com idade entre 65-70 dias, pesando entre 300-350g, provenientes do Biotério Central da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu. Os animais foram adaptados por 7 dias, antes do início do experimento, ao Biotério do Laboratório de Biodinâmica do Departamento de Educação Física, IB, UNESP, Rio Claro, alojados em gaiolas de polietileno medindo 37,0 x 31,0 x 16,0 cm (5 animais por gaiola), a temperatura de 25±1 °C e fotoperíodo

claro/escuro 12/12 horas, tendo livre acesso à água e ao alimento (ração balanceada para roedores, marca Purina), durante todo experimento.

6.2.2. Delineamento Experimental

Os animais foram separados aleatoriamente em três grupos experimentais, com um grupo mantido como controle sedentário, apenas com movimento espontâneo nas gaiolas, e dois grupos que realizaram exercício físico de natação através de dois diferentes protocolos de treinamento. Um grupo realizou treinamento contínuo (TC) com sobrecarga de 5% da massa corporal (mc). Para o outro grupo foi elaborado um protocolo de treinamento com estímulos variados durante todo o experimento, através de diferentes níveis de esforço, baseado em modelo de periodização do treinamento na natação com humanos, treinamento experimental de periodização (TP). Os animais submetidos ao treinamento, após a adaptação ao biotério, passaram por um período de adaptação à sobrecarga de treinamento, antes de iniciarem seus respectivos protocolos de treinamento, totalizando nove semanas de treinamento (Quadro 1).

A massa corporal (mc) dos animais foi verificada semanalmente, durante todo o experimento. A capacidade aeróbia foi determinada no início e ao final do período de treinamento, através do limiar anaeróbio (LAN) com teste incremental descontínuo, apresentado no Estudo II desse trabalho. Durante as diferentes sessões de treinamento do protocolo periodizado foi verificada a lactacidemia em sessões de treinamento, ao início e final do experimento, para classificar o nível de esforço dos diferentes modelos de treinamento utilizados.

Ao final do experimento todos os animais foram sacrificados por decapitação, sendo os animais dos grupos treinados sacrificados 48h após a última sessão de treinamento, para avaliação do metabolismo glicídico muscular *in vitro* e os teores de glicogênio muscular e hepático.

Quadro 1 – Esquema geral dos procedimentos realizados durante o experimento.

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Idade (dias)	41	48	55	62	69	76	83	91	98	105	112	119
Adaptação Ao Biotério	TD	TD										
Período de Treinamento			TRE	TRE	TRE	TRE	TRE	TRE	TRE	TRE	TRE	TRE
Adaptação antes do teste de LAN						SED				SED		
Teste do LAN							SED				TD	
Sacrifício												TD

TD = todos os grupos

SED = grupo controle sedentário

TRE = grupos que realizaram treinamento

6.2.3. Grupos e Protocolos de Treinamento

Após o período de adaptação ao biotério os animais foram separados em três grupos:

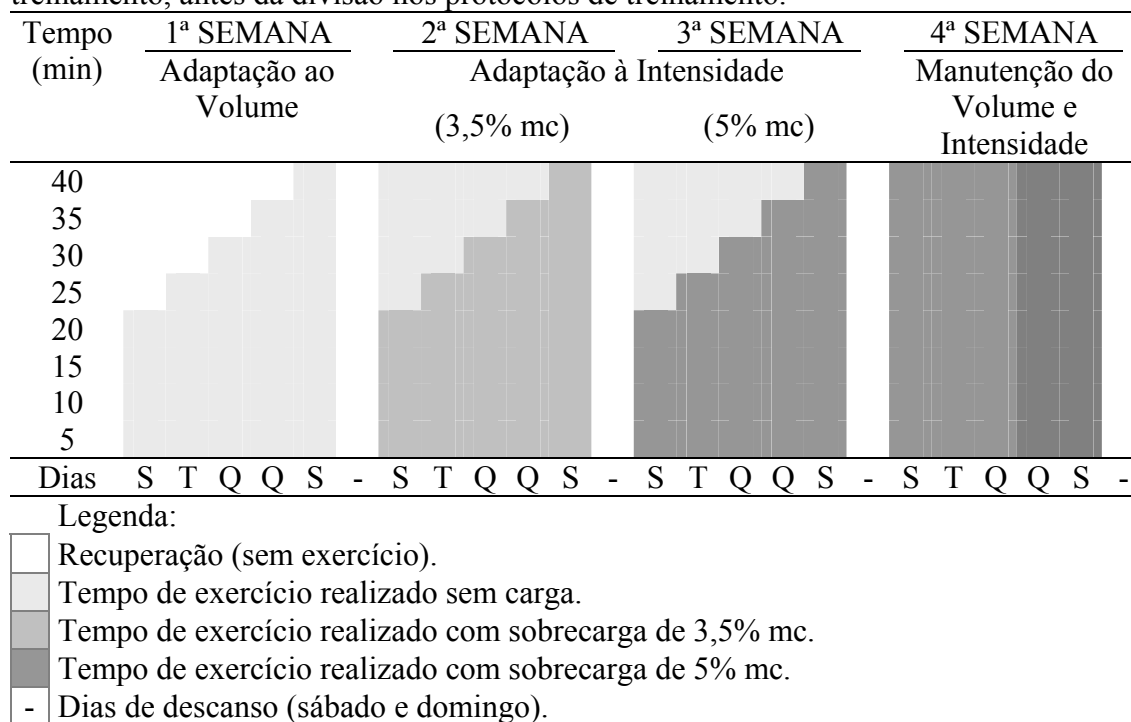
Controle Sedentário (SED): n=9, animais que não realizaram treinamento;

Treinamento Contínuo com 5% do mc (TC5): n=7, animais que foram submetidos ao treinamento através do exercício contínuo de natação com sobrecarga de 5% da massa corporal (mc), 5 dias/semana, 40 min/dia.

Treinamento Periodizado (TP): n=7, animais que foram submetidos ao treinamento de natação, 5 dias/semana com variação do volume e intensidade (sobrecarga) de treinamento, combinando o treinamento contínuo aeróbio com o treinamento intervalado aeróbio e anaeróbio, modelo experimental de periodização, (TP).

Nas quatro primeiras semanas de treinamento os animais dos grupos TC5 e TP passaram por um esquema de adaptação, com aumento gradativo da sobrecarga, até realizarem 40min de exercício com 5% mc. Na primeira semana os animais realizaram o exercício sem sobrecarga, com aumento progressivo do volume de treinamento (tempo), com 20 minutos no primeiro dia, 25, 30, 35 e 40min nos dias seguintes. Na segunda e terceira semana o volume permaneceu constante (40min/sessão, 5dias/semana) e houve aumento progressivo da sobrecarga (3,5% mc na primeira e 5% mc na segunda semana), iniciando com 20min de exercício com carga e aumento de 5min/dia, sendo o restante do tempo complementado com exercício sem sobrecarga até completar 40min. A quarta semana foi caracterizada como um microciclo estabilizador, 40min 5% mc (quadro 2).

Quadro 2- Esquema da adaptação à sobrecarga, antes do início do período de treinamento. Primeira semana com aumento no volume (tempo de exercício), segunda e terceira semanas com aumento na intensidade (sobrecarga de 3,5 e 5% mc, respectivamente) e quarta semana com a manutenção de 5% mc todos os dias de treinamento, antes da divisão nos protocolos de treinamento.



6.2.4. Quantificação e Equiparação da sobrecarga entre os Protocolos de Treinamento

Devido às diferenças entre os protocolos de treinamento, quanto à intensidade (% mc) e o tempo total de exercício (min) realizado nos diferentes níveis de intensidade, a sobrecarga de treinamento dos grupos TP foi ajustada para que na quantificação total da sobrecarga, ao final do experimento, se equiparasse a do grupo TC5. A sobrecarga foi quantificada somente nas cinco últimas semanas de treinamento, uma vez que, nas três primeiras semanas de treinamento, esta foi a mesma para todos os animais, período de adaptação à sobrecarga.

A sobrecarga de trabalho (W) foi quantificada para equiparar os protocolos de treinamento, adaptando-se o cálculo às condições do exercício de natação com ratos. O cálculo da sobrecarga foi feito com base no estudo de nadadores (MUJIKÁ et al., 1996), e de outros estudos que equiparam a sobrecarga de trabalho total multiplicando o tempo de exercício (min) pela intensidade (%VO_{2max}) (GOROSTIAGA et al., 1991; OVEREND et al., 1992). O cálculo foi realizado multiplicando-se o tempo de execução (min) pela intensidade (% mc), considerando a soma de todos estímulos de cada sessão de treinamento sem considerar os intervalos de recuperação.

$$W = (TE_1 \cdot \% mc_1) + (TE_2 \cdot \% mc_2)$$

Onde:

W = sobrecarga de trabalho de cada sessão de treinamento, expressa em unidades arbitrárias de treinamento (UT).

TE= tempo total do exercício, desconsiderando intervalos de recuperação.

% mc = percentual da massa corporal utilizada como sobrecarga durante o exercício.

O valor total da sobrecarga de trabalho (W) dos dois protocolos foi exatamente de 4850 UT. Apesar de ter ocorrido diferença significativa entre TP e TC5 na sobrecarga de treinamento, nas semanas 1, 2, 3, 4 e 5 (figura 1), a sobrecarga média nas cinco semanas de treinamento não diferiu entre os dois protocolos de treinamento (teste-*t* para amostras independentes, $p < 0,05$), TP= 970,0 ± 127,3 UT e TC5= 970,0 ± 30,0 UT (valores em média ± erro padrão). A figura 2 representa a sobrecarga diária de treinamento dos protocolos TC5 e TP.

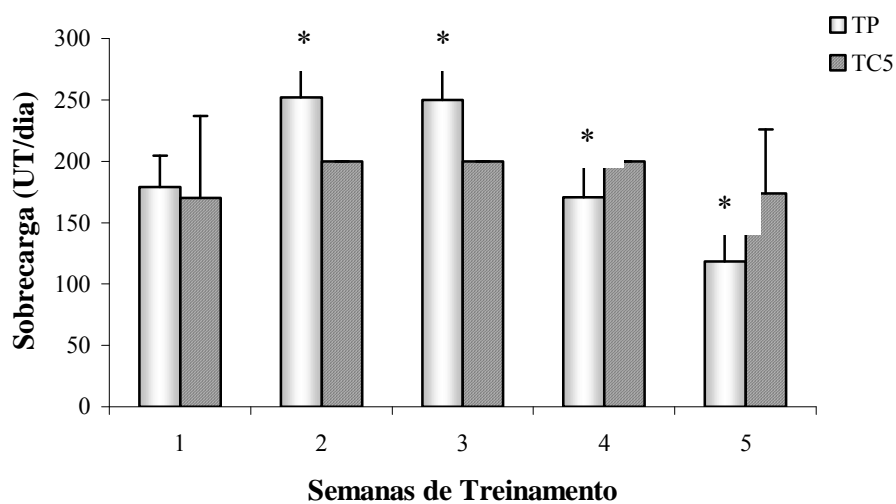


Figura 1 - Sobrecarga de trabalho (W) dos grupos de treinamento periodizado (TP) e contínuo 5% mc (TC5), das cinco semanas do período de treinamento. Valores expressos em média \pm erro padrão de cada semana de treinamento. Carga de trabalho em unidades arbitrárias de treinamento (UT).

* Diferença significativa (teste-t, para amostras independentes, $p < 0,05$).

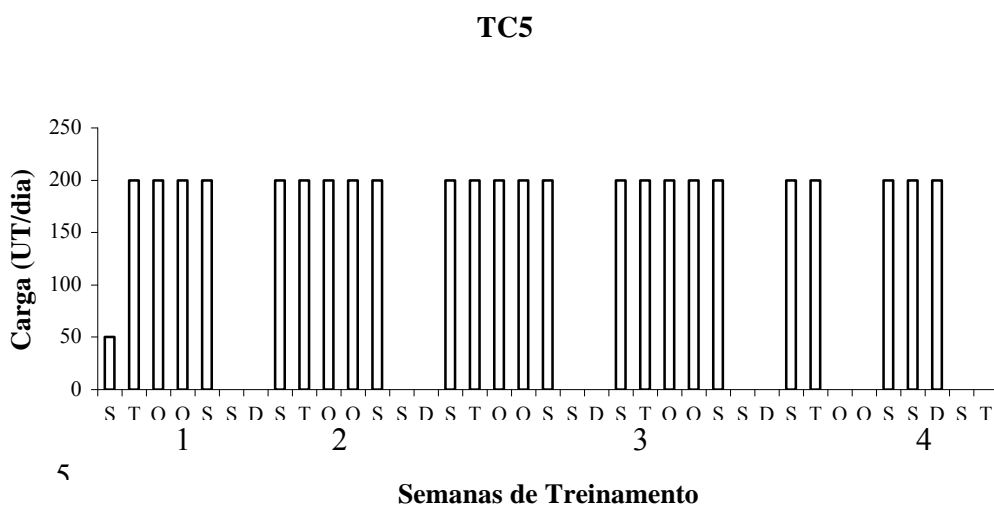
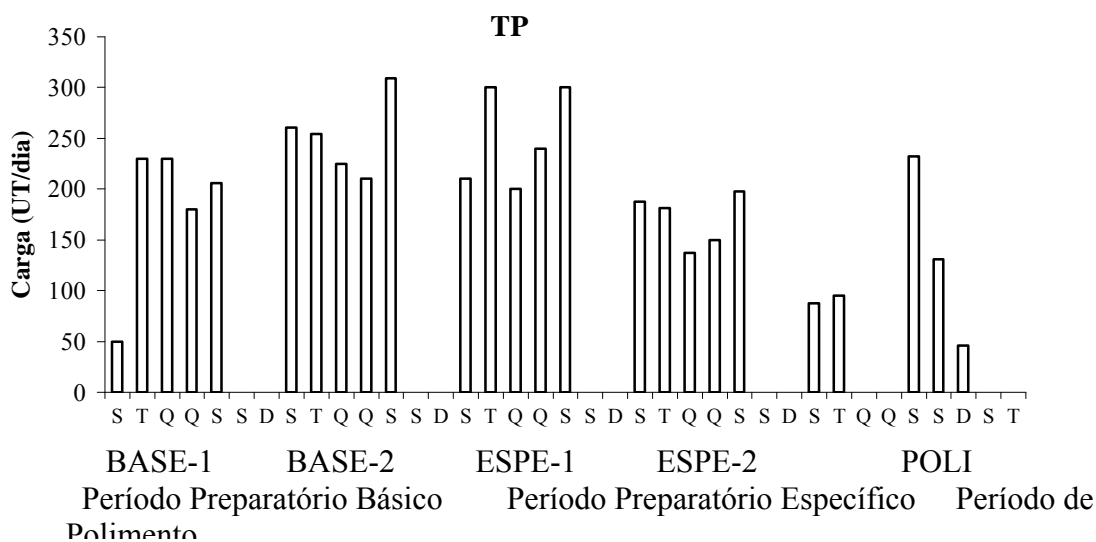


Figura 2 – Sobrecarga de treinamento (W) diário, durante as cinco semanas de treinamento. Grupo de treinamento periodizado (TP), gráfico superior; grupo de treinamento contínuo 5% mc (TC5), gráfico inferior. Valores expressos em unidades de treinamento (UT).

6.2.5. Intensidade de Treinamento no Protocolo Contínuo com 5% mc (TC5)

A intensidade do treinamento TC5 foi verificada através da concentração de lactato sanguíneo durante duas sessões de treinamento, na primeira e quinta semana do período de treinamento (Apêndice 2).

6.2.6. Classificação da Intensidade dos Estímulos para Aplicação da Sobrecarga de Treinamento no Protocolo Periodizado (TP)

Um dos maiores problemas no controle do treinamento é quantificar e controlar a sobrecarga. Para representar melhor um modelo real de periodização com humanos e poder controlar a dinâmica das sobrecargas, as intensidades dos estímulos aplicados durante as sessões de treinamento, no TP, foram adaptadas da natação com humanos (MAGLISCHO, 1999), às condições do exercício de natação com ratos e classificadas em cinco categorias (Tabela 1).

Os cinco níveis de intensidade de esforço foram divididos de acordo com a maior exigência do metabolismo aeróbio (A-1, A-2 e A-3) e anaeróbio (AN-1 e AN-2), expressos em % mc. Os níveis de intensidade de esforço aeróbio foram estabelecidos tomando-se como referência à intensidade de 5-6% mc (A-2) que coincide com o estado de máximo equilíbrio de lactato (EMEL) (GOBATTO et al., 2001) e com o limiar anaeróbio (LAN) (VOLTARELLI et al., 2002), em exercício de natação com ratos. A intensidade de A-1 foi estipulada entre 1-3% mc (~50% abaixo de A-2) e A-3 entre 6-8% mc (~50% acima de A-2).

Nas intensidades de exercício anaeróbio, a referência utilizada foi de 50% mc (AN-2), por já ter sido utilizada em outros estudos (SILVA et al., 1999;

ROGATTO, 2001) e por forçar o animal a realizar um esforço anaeróbio alático, mantendo a relação de esforço:pausa de 30seg:3min. Na intensidade AN-1, para simular um esforço anaeróbio láctico, a sobrecarga foi reduzida (25% mc) e a relação esforço:pausa ficando em 1,5min/5min.

Em todas as categorias de treinamento do TP foi dosado lactato sanguíneo (Apêndice 2). Nos níveis de intensidade A-1, A-2 e A-3 do TP foram feitas coletas no início e ao final do período de treinamento. Nas intensidades AN-1 e AN-2 do TP, que foram realizadas somente no final do treinamento, o lactato foi dosado apenas em uma sessão de treinamento. Tal procedimento foi realizado para análise das intensidades com as respectivas concentrações de lactato sanguíneo.

Tabela 1 - Classificação dos níveis de intensidade para aplicação dos estímulos nas sessões de treinamento periodizado (TP) e suas características. Divisão em três categorias de treinamento aeróbio (A-1, A-2, A-3) e duas de treinamento anaeróbio (AN-1 e AN-2).

Nível	Metabolismo Predominante	Características do Treinamento				
		Intensidade (% mc)	Duração do Estímulo (min)	Volume do Treino (min)	Intervalo na série (min)	Lactato no Treino (mM)
A-1	Aeróbio Leve (Regenerativo)	1 - 3	10 - 60	10 - 60	-	2,5 - 3,0
A-2	Aeróbio Intenso (~ LAN)	5-6 – 8*	4 - 6	18 - 36	0,5	3,0 – 3,5
A-3	Aeróbio Máximo (~ VO ₂ max)	8 – 10*	2,5 - 4	8 -20	1 – 1,5	5,0 - 7,0
AN-1	Anaeróbio Glicolítico	25	1,5	6	5	7,5 – 10,5
AN-2	Anaeróbio Alático	50	0,5	1,5 - 3	3	3,0 – 6,0

* A intensidade dos níveis A-2 e A-3 foram estipuladas em 6 e 8% mc, no início do treinamento, 8 e 10% mc ao final do treinamento, respectivamente.

6.2.7. Características do Protocolo de Treinamento Periodizado (TP)

A periodização representa um planejamento geral, no qual o treinamento de um atleta ou equipe é organizado para alcançar o melhor rendimento em determinado momento da temporada. Durante todo o processo de treinamento procura-se melhorar o rendimento do atleta através do controle da sobrecarga de treinamento, que deve ser ajustada a um ponto máximo do tolerado pelo atleta, para que não ocorra a síndrome do supertreinamento.

O modelo experimental de periodização desse estudo (TP) foi adaptado às condições para o exercício de natação com ratos, com base no modelo clássico de periodização proposto por MATVÉIEV (1997) em conjunto com as características do treinamento de natação com humanos (MAGLISCHO, 1999),

A periodização realizada com atletas de provas aeróbias é feita com um ou dois picos de rendimento anual. No TP foi realizado uma periodização simples com um “pico” de rendimento, composta por um período de preparação básico (PPB) de duas semanas, um período de preparação específico (PPE) de duas semanas e um período de polimento (POLI) de nove dias, sem haver período de transição, devido ao encerramento do experimento ao final do polimento. O objetivo no TP foi fazer com que os animais chegassem ao máximo de rendimento aeróbio no dia em que foi realizado o sacrifício.

A figura 3 apresenta os níveis de intensidade de esforço aeróbio e anaeróbio, em cada semana de treinamento, com a sobrecarga de treinamento aumentando progressivamente nas semanas 1, 2 e 3 e reduzida gradativamente nas duas semanas seguintes. O percentual total de treino aeróbio (A-1, A-2, A-3) foi de 84,2%, enquanto que o percentual de treino anaeróbio (AN-1 e AN-2) foi de 15,8%. Os valores relativos e absolutos de cada nível de intensidade encontram-se no apêndice 4.

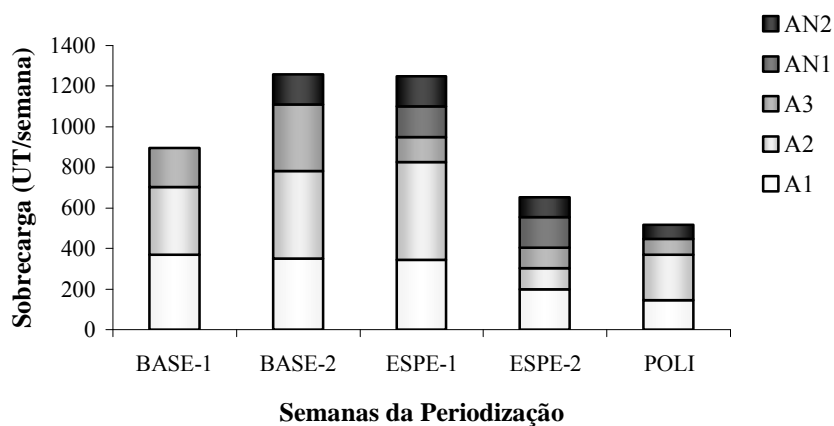


Figura 3 – Níveis de intensidade de esforço das categorias aeróbia (A-1, A-2, A-3) e anaeróbia (AN-1 e AN-2), nos períodos preparatórios básico (PPB), específico (PPE) e polimento (POLI).

A estrutura da periodização do grupo TP esta representada no quadro 3 e suas características estão descritas no apêndice 5.

6.2.8. Adaptação ao Meio Líquido antes dos Testes

Os animais do grupo sedentário passaram por um período de uma semana de adaptação ao meio líquido, antes da realização dos testes para determinação do LAN, para evitar os efeitos do estresse durante o teste, através de 5 sessões/dia de 3min de exercício de natação com água a $\pm 31^{\circ}\text{C}$ à profundidade de 25cm. Os animais dos grupos treinados passaram por esta adaptação apenas no início do experimento.

Quadro 3 – Estrutura da Periodização, realizada pelos animais do grupo TP.

Períodos	Preparatório Básico		Preparatório Específico		Polimento
Ênfase	Volume		Intensidade		Discreta redução da Intensidade e Volume
Mesociclo	Introdutório		Desenvolvimento		Competitivo
Microciclo	Introdutório	Desenvolvimento	Choque	Recuperação	Competitivo
Semanas	1	2	3	4	5
Volume (média em min/dia na semana)	45	50	39	26	23
Intensidade (média em % mc/dia na semana)	4,0	9,2	15	11	8,9
Sobrecarga (média em UT/dia na semana)	895	125	125	854	591
Percentual de cada Nível de Treinamento (%)	A-1 = 33,3 A-2 = 35,6 A-3 = 24,1 AN-1 = 0,0 AN-2 = 7,0		A-1 = 25,9 A-2 = 37,3 A-3 = 10,7 AN-1 = 14,2 AN-2 = 11,9		A-1 = 27,9 A-2 = 43,4 A-3 = 15,7 AN-1 = 0,0 AN-2 = 13,0

6.2.9. Ajuste da Sobrecarga de Treinamento

O ajuste da sobrecarga foi feito em função do percentual da massa corporal (% mc), no início de cada semana, durante todo o experimento. Para tanto, foram utilizadas “mini-mochilas”, atadas ao tórax do animal por elástico. A calibragem da sobrecarga foi feita em balança semi-analítica da marca Marte, modelo AL500, sendo verificado o peso em decigramas (dg), utilizando pequenas pedações de chumbo

entre 0,5 a 50g, aferidos previamente, com a sobrecarga total considerando o peso da mochila mais o chumbo.

6.2.10. Características do tanque para realização do treinamento e do teste do LAN

Os animais realizaram o treinamento e os testes para determinação do LAN, separados individualmente nos tanques por tubos de PVC de 25cm de diâmetro, contendo água à 31 ± 1 °C, à profundidade de 45 cm (Figura 4).

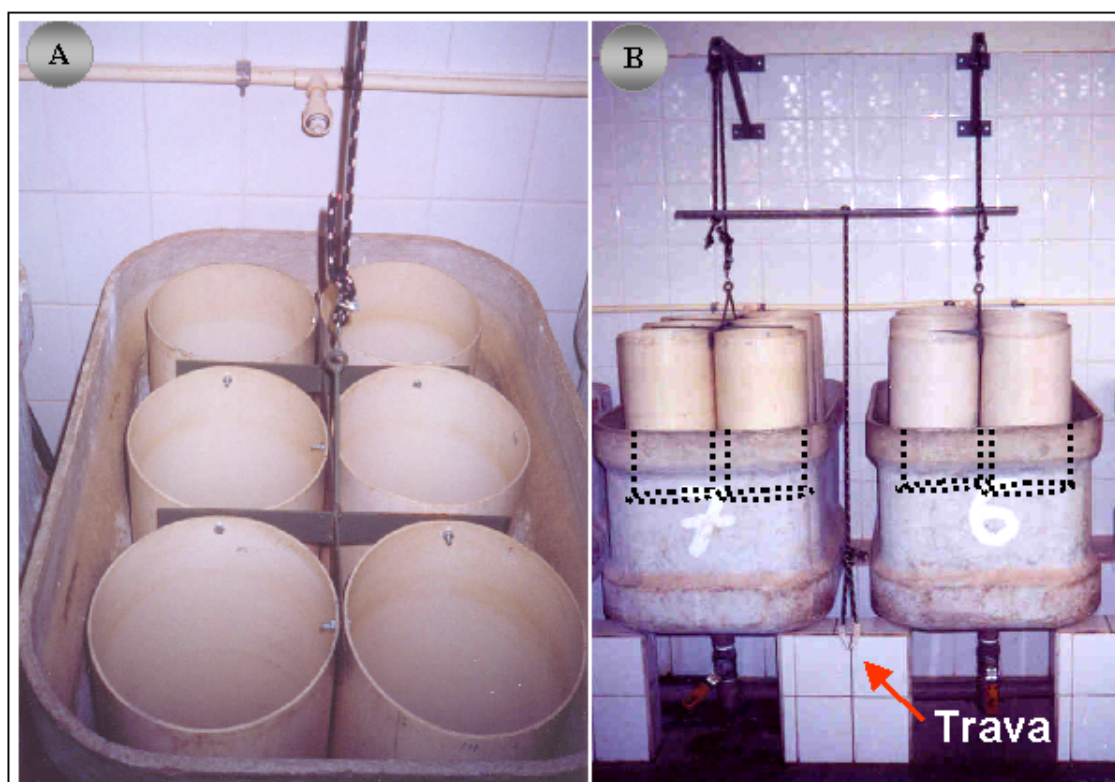


Figura 4 – Tanques para realização do treinamento contínuo e periodizado. Foto A: posição do equipamento para realização do exercício. Foto B: sistema de roldanas para suspensão do equipamento na posição para recuperação dos animais, durante os treinamentos intervalados.

6.2.11. Avaliação Aeróbia através da Resposta do Lactato Sangüíneo

6.2.11.1. Teste Incremental Descontínuo (TID)

O LAN foi determinado pelo teste incremental descontínuo, como realizado no Estudo II, através de um protocolo incremental descontínuo, com 4 estágios de 3min e intervalos de 5min entre cada estágio, carga inicial de 3g e aumento de 7g a cada estágio. Imediatamente ao final de cada estágio foi efetuado o acréscimo da carga e coletados 25 μ L de sangue para dosagem de lactato. O cálculo foi feito por regressão linear segmentada, considerando a intersecção das retas obtidas com os pontos abaixo e acima de onde ocorre aumento abrupto na curva de lactato versos carga.

Os animais sedentários realizaram o teste no início e ao final do experimento, enquanto que, os animais dos grupos treinados realizaram o mesmo protocolo que os animais sedentários, ao final do experimento e com cargas maiores, 20, 30, 40 e 50g, devido aos efeitos do treinamento.

6.2.11.2. Concentração de Lactato Sangüíneo Relativa 5% mc

A concentração de lactato sangüíneo foi determinada como parâmetro alternativo ao LAN, uma vez que na maioria dos animais treinados não foi possível identificar o LAN. A concentração de lactato sangüíneo relativa a 5% mc foi determinada pela regressão linear dos pontos acima e abaixo da carga de 5% mc, durante o teste do LAN de cada animal, considerando a intersecção entre a reta de regressão e a carga de %5 mc.

6.2.12. Medida do Metabolismo Muscular Glicídico “*in vitro*”

Após o sacrifício, as patas traseiras dos ratos foram retiradas e o músculo sóleo removido. Os tendões distal e proximal desse músculo foram liberados e com um bisturi foi efetuado um corte longitudinal em sua linha mediana. A seguir, a preparação foi pesada e as fatias com peso entre 25 e 35mg submetidas aos procedimentos de incubação, modificado de MELLO et al. (2001).

As fatias de músculo foram colocadas em frascos de cintilação com capacidade de 20 mL siliconizados, contendo 1,5mL de tampão Krebs-Ringer bicarbonato. Os frascos foram fechados com tampa de borracha, selados com anel plástico, e submetidos a 30 minutos de pré-incubação sob agitação em banho tipo Dubinoff a 60 rpm e contínuo gaseamento com O₂/CO₂ (95%/5%). Após esse período, as fatias do músculo foram transferidas para novos frascos de cintilação (frasco externo, contendo 1,5 mL de tampão Krebs-Ringer), onde no interior já estavam instalados pequenos tubos em forma de concha (frasco interno, contendo 700µL de hiamina 10x) com uma haste reta de aproximadamente 3cm de comprimento que se insere nas tampas de borracha do frasco externo.

Após 60 minutos de incubação nesse sistema, com gaseamento durante os 15 primeiros minutos, foram adicionados 100µL de ácido tricloroacético (TCA) 25% ao frasco externo visando a liberação de CO₂. A preparação foi mantida por mais de 3 horas neste sistema. Decorrido esse tempo, 200µL do líquido contido no frasco interno foram retirados para determinação do CO₂ produzido. O meio de incubação acidificado contido no frasco externo foi armazenado para a determinação do lactato e a fatia de músculo imediatamente digerida em 0,5 mL de KOH (SJÖRGREEN et al., 1938) para

dosagem do glicogênio muscular (DUBOIS et al., 1956). A temperatura na pré-incubação foi de 37°C.

O tampão Krebs-Ringer, base dos meios de pré-incubação e incubação, consistiu de: NaCl 6%, HEPES 6,64 mM, KCl 0,032%, CaCl₂ 1,14mM, KH₂PO₄ 0,015%, NaHCO₃ 0,19%, MgSO₄ 0,03%. A solução assim preparada foi gaseada durante 20 a 30 minutos com O₂/CO₂ (95%/5%) e o pH ajustado a 7,4. A esta solução foram adicionados 20 volumes de albumina sérica bovina livre de gordura. Ao meio de pré-incubação foi adicionado piruvato de sódio para a concentração de 5mM. Ao meio de incubação, foi adicionado glicose (5,5mM) contendo [U-¹⁴C] glicose (0,25 μci/mL), [³H] 2-deoxyglicose (2-DG = 0,5μci/mL) e insulina (100μUL/mL). Feitas as adições, o pH foi ajustado a 7,4 e o meio transferido para os frascos que foram selados e equilibrados no banho a 37°C sob gaseamento com O₂/CO₂ (95%/5%) durante pelo menos 15 minutos.

Fatias do mesmo músculo, com peso semelhante às aquelas incubadas, foram utilizadas para determinação da concentração do controle de glicogênio.

A captação de glicose foi avaliada utilizando-se a 2-DG como marcador, e a síntese de glicogênio, através da incorporação do ¹⁴C a glicogênio, medindo-se a radioatividade do ³H da 2-DG e do ¹⁴C da glicose, respectivamente, na fase alcoólica e no precipitado da extração de glicogênio, através de contador de partículas beta. O lactato liberado no meio de incubação foi determinado por separação de metabólitos em coluna de troca iônica (Dowex-2, Sigma), o que representa um índice do transporte de glicose nessas condições. Para a estimativa da glicose oxidada (produção de CO₂), foi determinada a radioatividade do ¹⁴C presente no líquido (hiamina) coletado do frasco interno do sistema de incubação.

6.2.13. Dosagens Bioquímicas

6.2.13.1. Determinação do Lactato Sangüíneo

Para a análise do lactato sangüíneo foram coletados 25 μ L de sangue da extremidade da cauda do rato previamente assepsiada, com auxílio de tubo capilar heparinizado e calibrado para 25 μ L, desprezando-se a primeira gota. Imediatamente o sangue foi diluído em 50 μ L de solução de fluoreto de sódio (1%), contida em tubos de plástico tipo Eppendorf, mantidos em gelo até posterior análise. A análise foi feita através do método eletroquímico pelo aparelho YSL 1500 STAT (Yellow Spring, Inc. E.U.A.).

6.2.13.2. Glicogênio Muscular

Frações entre 25-35mg do músculo sóleo foram pesadas após o sacrifício dos animais e imediatamente digeridas em banho a 100/C em 05, mL de KOH 1N durante 20 minutos. Foram adicionadas 20 μ L de solução saturada de Na₂SO₄ e o glicogênio precipitado através de duas passagens de 2,5mL de etanol a quente, seguida de centrifugação, descartando-se o sobrenadante (SJÖRGREEN, 1938). O glicogênio precipitado foi suspenso em 4mL de água e a determinação colorimétrica realizada em 1mL de extrato, 20 μ L de fenol a 80% e 2,0mL de ácido sulfúrico concentrado, após fervura de 15 minutos. A absorbância foi medida em espectrofotômetro 490nm. Soluções de glicose de concentrações conhecidas foram utilizadas para a curva de calibração.

6.2.13.3. Glicogênio Hepático

As diferenças na determinação do glicogênio no tecido hepático, em relação ao tecido muscular, foram as seguintes: as frações de tecido hepático retirado após sacrifício pesaram aproximadamente 500mg, portanto, com necessidade de

digestão em 2mL de solução KOH 30%. A precipitação do glicogênio hepático foi feita em 0,1 mL de Na₂SO₄ e 7mL de etanol e, após a extração, o precipitado foi suspenso em 25mL de água ionizada.4.6.4

6.2.14 Análise Estatística

A análise estatística foi realizada através de análise de variância com uma entrada (*anova one-way*), seguido de *pos-hoc* de Newman-Keuls e teste-t pareado e não pareado, onde apropriado. Em todos os casos o nível de significância adotado foi pré-fixado em 5% (COSTA NETO, 1977).

6.3. Resultados

A massa corporal dos animais ao início do experimento e o ganho de massa corporal ao final do experimento, não apresentaram diferença significativa entre os grupos (Tabela 2).

Tabela 2 – Massa corporal inicial e o ganho de massa ao final do experimento, dos grupos sedentário (SED); treinados com protocolos contínuo 5% mc (TC5) e periodizado (TP).

Grupos	Massa Corporal	
	Inicial (g)	Ganho (g)
SED (n=9)	348,3 ± 5,2	88,9 ± 5,7
TC5 (n=7)	347,9 ± 12,2	99,7 ± 7,8
TP (n=7)	370,7 ± 3,8	79,9 ± 6,5

Valores expressos em média ± erro padrão da média (*anova one-way*, p<0,05).

O limiar anaeróbio dos animais sedentários não diferiu ao longo do experimento em valores absolutos (85 dias = 14,1 ± 2,1 e 115 dias= 14,2 ± 1,7g), assim

como a concentração de lactato sanguíneo (85 dias = $6,2 \pm 0,7$ e 115 dias = $6,2 \pm 1,6$ mM) (teste-t para amostras dependentes).

No teste do LAN, dos animais sedentários, 55,6% apresentaram aumento abrupto na concentração de lactato sanguíneo e nos demais animais, a concentração de lactato sanguíneo não se elevou. A identificação do LAN só foi possível em 36% dos animais treinados. Nos outros animais treinados a concentração de lactato sanguíneo apresentou comportamento linear ou com ocorrência de um platô, após a primeira ou segunda carga. Dentre os animais em que foi determinado o LAN, aqueles dos grupos treinados, TC5 e TP, apresentaram valores significativamente superiores aos sedentários com 85 e 115 dias e após o período de adaptação ao treinamento, enquanto que entre os dois grupos treinados, o LAN dos animais TP foi superior aos do TC5 (Tabela 3).

A concentração de lactato sanguíneo relativa à carga de 5% mc, determinada no teste do LAN, não apresentou diferença significativa entre os grupos treinados (Tabela 4).

A incubação do músculo sóleo demonstrou que houve uma melhora significativa no metabolismo glicídico dos animais do grupo TP. Os animais do grupo TP apresentaram maiores valores na captação de glicose com relação aos animais do grupo SED e maiores valores na síntese de glicogênio e oxidação de glicose do que os animais SED e TC5. Por outro lado, os animais do grupo TC5 apenas apresentaram valores superiores na síntese de glicogênio com relação aos animais do grupo SED (Tabela 5).

Tabela 3 – Limiar anaeróbio, concentrações de lactato sanguíneo relativo à intensidade do LAN e valor percentual do LAN com relação aos valores do grupo controle sedentários (SED), ao final do experimento.

Grupos	Limiar Anaeróbio		Lactato Sanguíneo (mM)	Percentual (%)
	(g)	(% mc)		
SED (n=6)	14,2 ± 1,7	2,8 ± 0,2	5,9 ± 0,3	–
TC5 (n=3)	33,2 ± 3,2 ^a	9,3 ± 0,2 ^a	6,0 ± 0,3	133,8
TP (n=2)	43,2 ± 3,0 ^{a,b}	7,7 ± 1,3 ^{a,b}	5,4 ± 1,4	204,2

Valores expressos em média ± erro padrão da média, com o número de animais entre parênteses. Grupo controle sedentário ao final do experimento (SED), e grupos de treinamento TC5 e TP. Diferença significativa (*anova one-way*, $p < 0,05$): a ≠ SED; b ≠ TC5.

Tabela 4 – Concentração de lactato sanguíneo relativo à carga de 5% mc e o valor percentual da concentração de lactato sanguíneo com relação ao grupo controle sedentário (SED), ao final do experimento, durante o teste do LAN.

Grupos	Lactato Sanguíneo (mM)	Percentual (%)
SED (n=9)	6,2 ± 0,5	–
TC5 (n=6)	4,1 ± 0,7*	- 33,9
TP (n=6)	4,3 ± 0,4*	- 30,6

Valores expressos em média ± erro padrão da média, com o número de animais entre parênteses. Grupo controle sedentário ao final do experimento (SED) e treinados com o protocolo TC5 e periodizado (TP), durante o teste do LAN. *Diferença significativa com relação ao SED (*anova one-way*, $p < 0,05$).

Tabela 5 – Captação de glicose, síntese de glicogênio, produção de lactato e oxidação de glicose a CO₂, expressos em $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, ao final do processo de incubação.

Grupos	Captação de Glicose	Síntese de Glicogênio	Produção de Lactato	Oxidação de Glicose (CO ₂)
SED (n=10)	4,9 ± 0,5	11,9 ± 0,4	2,5 ± 0,3	30,4 ± 4,0
TC5 (n=10)	5,9 ± 0,7	14,7 ± 1,0 ^a	2,2 ± 0,3	27,5 ± 5,0
TP (n=10)	7,8 ± 1,0 ^a	18,0 ± 1,1 ^{a,b}	2,0 ± 0,3	75,0 ± 15,7 ^{a,b}

Valores expressos em média ± erro padrão da média, com o número de fatias isoladas do músculo sóleo, duas fatias de cada animal, entre parênteses. Diferença significativa (*anova one-way*, $p < 0,05$): a ≠ SED; b ≠ TC5.

Não houve diferença significativa entre os teores de glicogênio do músculo sóleo e do fígado (Tabela 6).

Tabela 6 – Teores de glicogênio do músculo sóleo e do fígado, expressos em mg/100mg de tecido.

Grupos	Glicogênio	
	Músculo (n=5)	Fígado (n=7)
SED	0,12 ± 0,01	1,29 ± 0,1
TC5	0,13 ± 0,02	1,76 ± 0,1
TP	0,07 ± 0,02	1,40 ± 0,2

Valores expressos em média ± erro padrão da média (*anova one-way*, $p < 0,05$) com o número de animais entre parênteses.

6.4. Discussão

A periodização do treinamento tem sido estudada em algumas modalidades esportivas (RIVERI, 1986; COSTILL et al., 1991; AITKEN, 1994; MARTIN; COE, 1997; PAPOTI, 2003) e no treinamento resistido (KRAEMMER, 2004), para otimizar o rendimento e para evitar a síndrome do supertreinamento (FRY et al., 1992).

Atualmente, existem diferentes modelos de periodização, além do desenvolvido por Matvéiev na década 60 do século passado (MANSO et al., 1996). Apesar disso, a periodização realizada em diversas modalidades esportivas ainda é baseada no modelo de Matvéiev. Em nossa proposta de periodização procuramos adaptar esse modelo de periodização juntamente com de MAGLISCHO (1999) para o treinamento da natação com humanos, adaptando-os às condições do exercício de natação com ratos.

A resposta da concentração de lactato sanguíneo observada nos diferentes protocolos de treinamento padronizados nesse estudo, referente às categorias de exercício aeróbio (A-1, A-2, A-3) e anaeróbio (AN-1 e AN-2) apresentaram valores na concentração de lactato sanguíneo similares aos propostos por MAGLISCHO (1999), para o treinamento de natação com humanos. Portanto, esses protocolos de treinamento (Apêndice 3, tabelas 1-5), podem servir como um ótimo padrão de referência para o treinamento na natação com ratos.

A categoria de exercício aeróbio 2 (A-2), correspondente à intensidade do LAN, apresentou concentração de lactato sanguíneo inferior a verificada em humanos (~3,5mM). Em humanos, a intensidade do LAN tende a ficar próxima a 4mM de lactato (MADER & HECK, 1986), enquanto que com ratos esse valor varia de 4mM no exercício em esteira (PILIS et al., 1993) e 5,5mM no exercício de natação determinado pela estado de máximo equilíbrio de lactato (EMEL) (GOBATTO et al., 2001) e pelo LAN através do teste de lactato mínimo (VOLTARELLI et al., 2002).

Durante a sessão de treinamento A-2 a concentração de lactato sanguíneo ficou próxima a 4 mM no início da sessão de treinamento, tendendo a cair após os dez minutos iniciais da sessão de treinamento. Outros estudos também verificaram esse comportamento, no exercício de natação sem sobrecarga (KOKUBUN, 1990), e com sobrecarga (AZEVEDO, 1994). Isso pode ser explicado pela mudança na utilização de substrato energético e maior remoção de lactato.

O comportamento da concentração de lactato sanguíneo nos animais sedentários diferiu dos animais treinados. Enquanto que nos animais sedentários a determinação do LAN foi possível na maioria dos animais, a determinação do LAN nos grupos TC5 e TP só foi possível em 36% dos animais. Uma explicação para essa

diferença pode ser a alteração na taxa de remoção de lactato após o treinamento. Em indivíduos treinados há maior eficiência na remoção de lactato em valores acima de 4mM (MACRAE et al., 1992). Em um estudo de DONOVAN e PAGLIOSI (1990), com infusão de lactato em ratos, é possível observar que os animais treinados, de modo diferente aos animais sedentários, não apresentaram aumento abrupto na concentração de lactato sanguíneo. Apesar dessa explicação, ainda permanece a questão, pois em alguns animais foi possível determinar o LAN, e esse problema deve ser melhor investigado.

Apesar do baixo percentual de animais treinados nos quais foi possível determinar o LAN, os animais do grupo TC apresentaram maiores valores no LAN com relação ao grupo SED, enquanto que o grupo TP apresentou valores do LAN superior a ambos, SED e TC. O LAN é um dos índices de avaliação aeróbia mais usuais na atualidade, pois tem alta correlação com o rendimento aeróbio (COYLE et al., 1991), e é mais sensível às adaptações do treinamento (TANAKA et al., 1984). Isso demonstra que protocolo de treinamento periodizado foi eficiente, em alguns animais, em melhorar a aptidão aeróbia de maneira mais significativa do que o treinamento contínuo.

No entanto, o uso da concentração de lactato sanguíneo em intensidade de exercício submáximo para a avaliação da aptidão aeróbia é uma forma alternativa (JACOBS, 1986). Por isso, determinamos a concentração de lactato sanguíneo relativa à sobrecarga de 5% mc no teste TID. A concentração de lactato sanguíneo foi significativamente menor nos animais treinados, TC5 (33,9%) e TP (30,6%), com relação ao SED. Esse resultado coincide com resultados clássicos da literatura em humanos (EKBLUM et al., 1968; HURLEY et al., 1984; MACRAE et al., 1992) e ratos SANTOS et al. (2000).

No Estudo III, os protocolos de treinamento intervalado não apresentaram redução da concentração de lactato sanguíneo relativa a 5% mc, somente o TC5. Nesse estudo, além do TC5, o TP. No grupo TP foi realizada uma combinação de treinamento intervalado aeróbio com algumas sessões de treinamento anaeróbio. Cada sessão de treinamento era finalizada com o treinamento contínuo de baixa intensidade. Esse estímulo pode ter colaborado para que o TP apresentasse menores valores na concentração de lactato sanguíneo relativa a 5% mc, o que não ocorreu com os animais que só realizaram o treinamento intervalado do Estudo III.

A incubação do músculo isolado *in vitro* é uma metodologia que vem sendo utilizada para estudar as diferentes etapas do metabolismo da glicose (BONEN et al., 1984; TAN; BONEN, 1987; LEIGHTON et al., 1989; LANGFORT et al., 1991; GOBATO, 1997; STEVANATO, 1999; BRAGA, 2002).

Os resultados da incubação das fatias do músculo sóleo demonstraram que houve uma melhora no metabolismo glicídico dos animais do grupo TC5, contudo, no TP essa melhora foi mais acentuada.

A captação de glicose dos animais TP foi superior a dos TC5, não diferindo estatisticamente, mas foi significativamente superior a dos animais sedentários. Outro parâmetro que demonstra a eficiência do protocolo TP são os maiores valores na síntese de glicogênio e oxidação de glicose comparados aos animais SED e TC5. Por outro lado, os animais do grupo TC5 apenas apresentaram valores superiores na síntese de glicogênio com relação aos animais do grupo SED.

Diferente de todos os modelos de treinamento empregados no Estudo III e nesse estudo, o TP foi o único que apresentou valores significativamente maiores na

captação de glicose com relação ao SED. Os animais TC5 apresentaram apenas uma tendência a maior captação de glicose (20,4%), com relação aos SED.

A primeira hipótese levantada para justificar o não aumento da captação de glicose pelos grupos de treinamento do Estudo III, treinamento intervalado TI7,5, TI10 e treinamento contínuo TC5, foi que o aumento da captação de glicose ocorre em função do exercício agudo e não em função do treinamento (IVY et al., 1983).

O aumento da captação de glicose somente no TP pode ser explicado pelo estímulo das sessões de TI mais intensas, o que não ocorreu com os outros protocolos de treinamento. No entanto, em nossa revisão de literatura, a maior intensidade utilizada no TI intenso, para avaliar a captação de glicose, foi de 15% mc. TERADA et al. (2001) encontraram aumento na concentração de Glut-4 no TI leve e aumento da captação de glicose estimulada ao máximo pela insulina e tetania em ambos, TI leve e intenso. Com o TI intensivo a 15% mc BRAGA (2002), não encontrou maior captação de glicose com o TI intensivo, 15s/15s com 15% mc. No estudo de TERADA et al. (2001), a avaliação foi realizada entre 17-19h e o estímulo muscular foi máximo, enquanto que BRAGA (2002) realizou procedimento similar ao de nosso estudo. Essas diferenças metodológicas podem explicar a diferença dos resultados.

O transporte de glicose através da membrana citoplasmática muscular é realizado pela isoforma GLUT-4 sob a ação da insulina e pela contração muscular, enquanto que o treinamento induz ao aumento do número de GLUT-4 e à maior sensibilidade à insulina (RODNICK et al., 1992).

IVY et al. (1983) demonstraram que o a maior captação de glicose ocorre em função do exercício agudo e não em função do treinamento. Com base nos

resultados da captação de glicose do TP, essa informação deve ser repensada, pois o TP, realizado combinando o TI intensivo com o TC, demonstrou que o efeito do treinamento, verificado após 48h, e não somente o efeito do exercício agudo, pode aumentar a captação de glicose.

No protocolo TP foram realizadas várias sessões de treinamento intenso, que solicita mais o metabolismo glicídico, ou seja, maior utilização da glicose como substrato energético, o que pode ser verificado pelos maiores valores nas concentração de lactato sangüíneo durante as sessões de treinamento intervalado (A-3, AN-1 e AN-2) (Apêndice 2).

Possivelmente, esse protocolo de treinamento aumente mais o número de Glut-4 e/ou a sensibilidade à insulina. A evidência de que a intensidade do treinamento possa influenciar tais parâmetros pode ser confirmada no estudo de ROGATTO (2001), através do aumento da taxa de remoção de glicose, Kitt, com um treinamento intervalado anaeróbio de alta intensidade (3 x 8 saltos/1 min de intervalo e sobrecarga de 50% mc), semelhante aos treinamentos AN-1 e AN-2, realizados no TP.

Com relação à síntese de glicogênio, determinada *in vitro*, ambos os grupos que realizaram treinamento, TC5 e TP, apresentaram maior síntese de glicogênio com relação aos animais sedentários e o TP maior síntese do que TC5. Da mesma forma, TAN e BONEN (1987); GOBATTO (1997) também verificaram maior síntese de glicogênio no sóleo após treinamento em esteira e na natação, respectivamente, enquanto que LANGFORT et al. (1991) verificaram aumento na síntese de glicogênio apenas 24 h após a última sessão de treinamento aeróbio contínuo e de velocidade. Com exercício agudo, essa resposta é mais evidente (LEIGHTON et al., 1989; BONEN et al., 1984).

Apesar da controvérsia, o aumento na síntese de glicogênio muscular foi confirmado nesse estudo em ambos os protocolos de treinamento, TC5 e TP. Segundo GOBATTO (1997) as causas do maior acúmulo de glicogênio nas fibras musculares após o treinamento ainda não estão totalmente esclarecidas. TAYLOR e BACHMAN (1999) citam que todas as enzimas envolvidas no processo de síntese/degradação de glicogênio são aumentadas com o treinamento.

Dentre os dois grupos de animais que realizaram treinamento, a síntese de glicogênio no TP foi superior a do TC5. Esse resultado, assim como a maior captação de glicose pode ser influenciado pela combinação do treinamento aeróbio intervalado e contínuo com algumas sessões de treinamento intervalado anaeróbio. Parece que ambas as adaptações, captação de glicose e síntese de glicogênio *in vitro*, possuem uma relação direta, como proposto por HENRIKSEN et al. (1996).

O aumento nos teores de glicogênio muscular acima dos valores basais, após o treinamento, supercompensação, é bem definido na literatura. Apesar disso e da síntese de glicogênio determinada na incubação, *in vitro*, terem apresentado maiores valores nos animais treinados, surpreendentemente, os teores de glicogênio muscular não apresentaram diferença entre os grupos em nosso estudo, mesmo com os animais treinados sendo sacrificados 48h após a última sessão de treinamento, período suficiente para que ocorresse a supercompensação.

Alguns resultados sobre a supercompensação de glicogênio muscular com o treinamento, no exercício com ratos, são contraditórios. Com o TC na natação sem sobrecarga (LUCIANO, 1991), e com 5% mc (GOBATTO, 1997; BRAGA, 2002), ou na esteira (LEIGHTON et al., 1989), não foi observado diferença entre os teores de glicogênio no músculo sóleo dos animais treinados comparados aos sedentários.

BRAGA (2002) também não verificou maiores valores nesse parâmetro com o TI. LANGFORT et al. (1991) observaram supercompensação de glicogênio apenas 24h após a última sessão de treinamento na esteira, com o treinamento contínuo e de velocidade.

Uma vez que a supercompensação de glicogênio muscular é verificada após 24h, pode ser que, o ritmo metabólico elevado dos ratos leve a um processo de reversibilidade desse ganho após 48h.

Da mesma forma que o glicogênio muscular, os teores de glicogênio hepático também não apresentaram diferença entre os grupos. A literatura apresenta resultados contraditórios com relação a este parâmetro. LUCIANO (1991) não observou diferença entre animais sedentários e treinados, com o treinamento de natação sem sobrecarga. Por outro lado, outros estudos encontraram maiores valores de glicogênio hepático nos animais submetidos a treinamento com sobrecarga entre 5-8% mc (AZEVEDO, 1994; GOBATTO, 1997).

A intensidade parece influenciar os teores de glicogênio hepático. No entanto, SILVA et al. (1999) não encontraram maiores teores de glicogênio hepático nem com o TC5 nem com um treinamento intervalado anaeróbio de alta intensidade (50% mc). Outros trabalhos que estudem melhor a relação síntese/degradação de glicogênio hepático precisam ser realizados para elucidar melhor essa questão.

A produção de lactato não apresentou diferença entre os grupos. O músculo é o local de maior produção de lactato, comparado a outros tecido que podem produzir lactato. Na situação de repouso *in vivo*, a concentração de lactato sanguíneo nos ratos é ~1,2 mM de lactato (Apêndices 1 e 2). Isso demonstra que a maior parte da

glicose transportada para dentro do músculo, quando as concentrações de glicogênio muscular não estão depletadas, é oxidada e a formação de lactato é pequena.

Após a captação de glicose pelo músculo, a glicose pode ser armazenada na forma de glicogênio ou ser fosforizada até piruvato. O piruvato pode seguir dois caminhos diferentes. Em condições de repouso, o piruvato é descarboxilizado a Acetil-CoA e entra no ciclo dos ácidos tricarboxílicos para ser oxidado, sob a ação da piruvato desidrogenase (PDH), reação que é essencialmente irreversível (MAUGHAN et al., 2000), ou sob a ação da LDH, o piruvato é oxidado a lactato, o que normalmente acontece em exercício de alta intensidade e curta duração.

O aumento da atividade de uma dessas enzimas pode direcionar o fluxo do piruvato. Pelo menos nas condições da incubação, pode-se afirmar que a atividade LDH não está alterada. Portanto, os dois modelos de treinamento privilegiaram a descarboxilação do piruvato no ciclo de Krebs.

Outra alteração que pode limitar a saída do lactato do músculo são os transportadores de lactato. JACOBS (1986) e OYONO-ENGUELLE et al. (1990) sugerem que o efluxo de lactato muscular durante o exercício é maior em indivíduos treinados.

Nas duas últimas décadas, foram identificados sete tipos diferentes de transportadores de lactato (MCT) em diferentes tecidos (MCT₁-MCT₇), sendo o MCT₁ altamente relacionado com a capacidade oxidativa (BONEN, 2000). BONEN e McCULLAGH (1994) observaram que, no exercício agudo com ratos o transporte de lactato é aumentado, sendo que no músculo sóleo (oxidativo) este aumento é mais pronunciado do que no músculo, *digitarius extensor longus* (glicolítico).

PILLERGAARD et al. (1993) observaram aumento do transporte de lactato em vesículas gigantes de músculos de ratos submetidos a treinamento intervalado moderado e treinamento intervalado intenso na esteira e não encontraram aumento do transporte de lactato com o treinamento de natação sem sobrecarga. EVERTSEN et al. (2001) em um estudo com esquiadores, não encontraram diferença no transporte de lactato nos MCT₁ com o treinamento intenso, além de redução dos MCT₁ com treinamento moderado e nenhuma alteração nos MCT₄.

No trabalho de EVERTSEN et al. (2001), o programa de treinamento intenso obteve concentração de lactato sanguíneo entre 3-4mM, o que não caracteriza intensidade tão elevada, e o treinamento foi realizado com atletas previamente treinados. No estudo de PILLERGAARD et al. (1993), com ratos, o treinamento intervalado na esteira foi proporcionalmente mais intenso, com concentração de lactato sanguíneo variando entre 3-8 mM e no treinamento de natação sem sobrecarga a concentração de lactato sanguíneo média foi de 2,4mM. A diferença na intensidade entre os dois protocolos pode caracterizar a diferença entre os resultados.

No TC5, provavelmente, não houve alteração na produção de lactato devido a característica submáxima do treinamento, constatada pela concentração de lactato sanguíneo de ~3,0 mM (Apêndice 1). Quanto ao protocolo experimental de periodização, apesar dos treinamentos anaeróbios mais intensos, 15,8% do total e concentração de lactato sanguíneo entre 5-8 mM, e dos treinamentos aeróbios A-3, 18,6% do total e concentração de lactato sanguíneo de ~6,0 mM (Apêndice 5 e 2, respectivamente), isso não foi suficiente para induzir adaptações que resultassem em maior formação de lactato.

Alguns estudos têm demonstrado que o treinamento aeróbio intensivo melhora índices de avaliação anaeróbia, além dos aeróbios. GAIGA e DOCHERT (1995) verificaram melhora nos parâmetros do teste anaeróbio de Wingate com o TI aeróbio; WESTGARTH-TAYLOR (1997) trocaram o 2% do treinamento aeróbio contínuo por TI (6 x 5min a 80% da potência pico) e verificaram melhora na potência pico no ciclismo; LINDSAY et al. (1996) obtiveram melhora na potência pico em ciclistas com um TI intensivo (8 x 5min, a 80% da potência pico); STEPTO et al. (1999) acrescentam 6 sessões de TI, durante 3 semanas, ao treinamento aeróbio de base usual e verificaram melhora entre 2-4% na potência pico no ciclismo. Por isso, esperávamos que a produção de lactato pudesse ser alterada com o TP.

A redução da intensidade do treinamento (Quadro 3), e do percentual de treinamento anaeróbio no período de polimento (Apêndice 5), também podem ter contribuído para que não fossem observadas adaptações que favorecessem a produção de lactato.

De qualquer forma não é possível afirmar que o número de transportadores de lactato não tenha sofrido alteração. Talvez esse parâmetro não seja o fator limitante na avaliação da produção de lactato *in vitro*. Assim, a conclusão de PILLERGAARD et al. (1993), com relação à influência da intensidade sobre o aumento da capacidade de transporte de lactato em músculo, em ratos, não esta descartada. Por outro lado, ainda não esta claro até que ponto a intensidade determina tal adaptação e se a característica da modalidade esportiva ou do exercício também influencie o transporte de lactato no músculo.

O grupo TP foi único a apresentar valores significativamente superiores ao SED na oxidação de glicose. Se por um lado, o treinamento não altera a utilização de

carboidratos no músculo em repouso, durante o exercício submáximo, há redução tanto da utilização de glicogênio muscular como de glicose sanguínea (MENDENHALL et al., 1994). Durante a corrida de maratona simulada na esteira o percentual total de oxidação de carboidratos é superior a dos lipídeos e indivíduos com maior aptidão aeróbia apresentam maior oxidação de carboidrato (O'BRIEN et al., 1993). Isso demonstra que há relação entre a maior capacidade de oxidação de glicose com o rendimento em provas aeróbias.

WESTGART-TAYLOR et al. (1997) verificaram melhora no tempo dos 40 Km de ciclismo em função do treinamento intervalado intensivo, mas não observaram melhora na oxidação de glicose em intensidade relativa à 60, 70 e 80% da potência pico. No entanto, em intensidade absoluta, referente ao pré-treinamento houve diferença. Uma explicação para que, nesse estudo, não se tenha observado alteração na oxidação de glicose em intensidade relativa pode ser o nível de aptidão física prévio elevado dos participantes. No nosso estudo, os animais treinados foram comparados com animais controle sedentário (SED), o que diferencia os dois estudos.

A importância da periodização é apontada por INGJER (1991), ao constatar que constatou que esquiadores de competição, que não periodizavam seu treinamento raramente melhoravam o rendimento. Como definida previamente, a periodização é organizada em ciclos onde há uma combinação de estímulos com alternância do volume, intensidade. Além desses dois parâmetros, a frequência e a recuperação entre os estímulos influenciam no rendimento.

A maior intensidade empregada em algumas sessões de treinamento realizadas no TP, idealizados nesse estudo (Apêndice 3), podem ser o principal

responsável pelos maiores valores na capacidade glicolítica e maior LAN dos animais TP.

A melhora do VO_{2max} esta relacionada mais a intensidade do que o volume do treinamento (FOX, 1973). A melhora no rendimento em atletas de natação também apresenta maior correlação com a intensidade do que com o volume ou frequência do treinamento (MUJKA et al., 1995). Estudos com ciclistas treinados têm demonstrado melhora na prova de 40 Km quando no treinamento é introduzido o TI intensivo (LINDSAY et al., 1996; STEPTO et al., 1999). Em corredores treinados, ACEVEDO e GOLDFARD (1989), apesar de não encontrarem melhora na resposta de lactato em intensidade submáxima (65, 70, 75 ou 80% do VO_{2max}), verificaram melhora no tempo dos 10 Km com o TI intensivo.

GASKILL et al. (1999) alteraram o percentual de treinamento em um grupo de esquiadores que não respondiam bem ao modelo de treinamento utilizado, aumentado de 17 para 35% o treinamento de alta intensidade e reduzindo em 22% o treinamento de baixa intensidade e grande volume, e verificaram que a alteração feita em função do aumento da intensidade melhorou significativamente o VO_{2max} , LANv e resultados competitivos. Em um estudo utilizando estudantes universitários, porém com um protocolo de treinamento intervalado de velocidade, 30s máximo na bicicleta, com 4-10 repetições em sete semanas, MacDOUGALL et al. (1998) verificaram aumento na atividade de enzimas tanto aeróbias como da via anaeróbia, além do VO_{2max} , potência pico e média no teste de 30s máximo na bicicleta.

Nossos resultados confirmam a melhora da aptidão aeróbia com a realização de treinamentos mais intensos, como verificado por ACEVEDO e GOLDFARD (1989); LINDSAY et al., (1996); MacDOUGALL et al., (1998);

GASKILL et al., (1999); STEPTO et al., (1999), em outros estudos através de diferentes parâmetros avaliados. Cabe aqui ressaltar que o treinamento aeróbio de baixa intensidade e alto volume também melhora a aptidão aeróbia e pode ser utilizado como forma de promoção de saúde, melhora da aptidão aeróbia e em conjunto com o treinamento intervalado por atletas. No entanto, quando se pretende otimizar o rendimento aeróbio, esse tipo de treinamento possui limitações e o treinamento intervalado intensivo tem se mostrado mais eficiente.

Assim, o objetivo primário de nosso estudo, padronizar um protocolo de treinamento periodizado para otimizar as adaptações aeróbias, foi alcançado, tal como acontece na periodização de atletas. Mesmo realizando o treinamento com a sobrecarga de trabalho total igual a do TC5 (4850 UT), a organização do treinamento através de sua divisão em períodos, com objetivos específicos, combinação do treinamento contínuo com o treinamento intervalado aeróbio e anaeróbio (periodização), que caracterizou o TP foi mais eficiente do que a realização de um protocolo de treinamento contínuo realizado em todas as sessões de treinamento.

O excesso de treinamento sem tempo suficiente de recuperação pode levar a uma situação de supertreinamento, caracterizado pela fadiga e falta de recuperação das sessões de treinamento e prejuízo na adaptação (FRY et al., 1992). Além dos melhores resultados do TP, e apesar da realização de sessões de treinamento com alta intensidade, a alternância da sobrecarga de forma correta, combinação de volume-intensidade-recuperação, supostamente conseguiu evitar a síndrome do supertreinamento, pois não houve queda de rendimento, alteração da massa corporal dos animais e da ingestão alimentar (dados não apresentados).

Outros parâmetros bioquímicos e hormonais, indicadores do supertreinamento, poderiam dar mais informações quanto à presença desse estado, porém, esse dado apenas complementaria nossos resultados e não faz parte dos objetivos primários desse estudo.

Nossos resultados indicam que o exercício de natação com ratos pode ser uma boa opção de estudo da periodização do treinamento, assim como o treinamento contínuo e os diferentes métodos de treinamento intervalado. Por outro lado, abre-se uma alternativa para o estudo dos efeitos dos métodos de treinamento, padronizados nesse estudo, associado a situações fisiológicas alteradas, como diabetes, hiperlipidemias, ou uso de fármacos que visam melhorar o rendimento.

A alternância dos estímulos mais intensos, através da combinação do TI com o TC, levou o TP a obter melhores resultados nos parâmetros avaliados. Com relação ao grupo SED, o TP apresentou maiores valores de LAN, concentração de lactato sanguíneo referente a 5% mc, na captação de glicose, e síntese de glicogênio e oxidação de glicose, enquanto que, com relação ao TC5, o LAN, síntese de glicogênio e oxidação de glicose foi superior no TP.

Para complementar nossos resultados novos estudos devem ser realizados através de outras metodologias que possam adicionar informações não identificadas através da metodologia empregada nesse estudo.

6.5. Conclusões

- O comportamento da concentração de lactato sanguíneo durante o teste do LAN, para determinação do LAN, apresentou comportamento similar ao observado em humanos, ocorrendo um aumento abrupto na curva de lactato versus carga. No entanto, esse comportamento não foi observado na maioria dos animais após o

treinamento, com alguns animais apresentando um comportamento linear na concentração de lactato sangüíneo.

- Nesse estudo, a resposta de lactato sangüíneo, relativa à carga de 5% mc obtida durante o teste do LAN foi sensível para discriminar os efeitos do treinamento aeróbio nos protocolos de treinamento estudados.

- Em conjunto, a maior captação de glicose, síntese de glicogênio e oxidação de glicose e o maior valor de LAN observado no grupo de animais TP demonstram que o protocolo de treinamento periodizado padronizado nesse estudo foi mais eficiente do que o treinamento contínuo TC5 em promover adaptações aeróbias.

- Os diferentes protocolos de treinamento aeróbio (A-1, A-2 e A-3) e anaeróbio (AN-1 e AN-2), padronizados para a realização do TP, apresentaram resposta na concentração de lactato sangüíneo similares às do treinamento proposto na natação com humanos e podem ser empregados como opção para outros estudos, em diferentes condições fisiológicas, além do estudo do treinamento isolado.

- A partir do modelo de periodização padronizado nesse estudo, é possível estudar a periodização do treinamento físico, através desse modelo e da criação de outros modelos de periodização, dentro das limitações do exercício de natação com ratos.

- Apesar da metodologia empregada nesse estudo ter discriminado os efeitos do treinamento aeróbio através do metabolismo glicídico e do LAN, é interessante que outras metodologias sejam empregadas e mais variáveis analisadas para melhor esclarecer as adaptações que ocorrem em função do treinamento que utilizam ratos como modelo experimental.

6.6. Referências

- ACEVEDO, E.O.; GOLDFARB, A.H. Increasead training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold, and endurance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.21., n.5, p.563-568, 1989.
- AITKEN, D. Periodisation of the Kayak program. **Canoe Coach**. 15:25-28, 1994.
- AZEVEDO, J. R. M. **Determinação de parâmetros bioquímicos em ratos sedentários e treinados durante e após o exercício agudo de natação**. 1994. 174 f. Tese (doutorado em ciências – área de concentração: fisiologia) - Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 1994.
- BONEN, A.; TAN, M. H.; WATSON-WRIGHT, W. M. Effects of exercise on insulin binding and glucose metabolism in muscle. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v.62, p.1500-1504, 1984.
- BONEN, A.; McCULLAGH, J. A. Effects of exercise on lactate transport into mouse skeletal muscles. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Champaign Il, v.19, n.3, p.275-285, 1994.
- BONEN, A. Lactate transporters (MCT proteins) in heart and skeletal muscles. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.32, n.4, p.778-789, 2000.
- BRAGA, L.R. **Exercício contínuo e intermitente: efeitos do treinamento e do destreinamento sobre a adiposidade corporal de ratos obesos**. 2002. 90 f. Dissertação (mestrado em motricidade humana – área de concentração: biodinâmica da motricidade humana). Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Rio Claro, 2002.
- COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. São Paulo, Edgard Blücher, 1977.
- COSTILL, D.L.; THOMAS, R.; ROBERGS, R.A.; PASCOE, D.; LAMBERT, C.; BARR, S.FINK, W.J. Adaptations to swimming training: influence of training volume. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.23., n.3, p.371-377, 1991.
- COYLE, E.F. et al. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.23., p.93-107, 1991.
- DONOVAN, C. M.; PAGLIASSOTTI, M. J. Enhanced efficiency of lactate removal after endurance training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.68, n.3, p.1053-1058, 1990
- DUBOIS, B.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, p.350-356, 1956.
- EKBLUM, B. Effect of physical training on circulatory response to exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.24, n.4, p.518-528, 1968.
- EVERTSEN, F.; MEDBO, J. I.; BONEN, A. Effect of training on muscle lactate transporters and lactate threshold in cross-country skiers. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.173, p.195-205, 2001.
- FOX, E. L. et al. **Medicine Science Sports Exercise**. Intensity and distance of interval training programs and changes in aerobic power. v.51, p.18-22, 1973.

FRY, R. W.; MORTON, A. R.; KEAST, D. Periodisation and prevention of overtraining. **Canadian Journal of Sport Sciences**, Downsview, v.17, n.3, p.241-248, 1992.

GAIGA, M. C.; DOCHERTY, D. The effect of an aerobic interval training program on intermittent anaerobic performance. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Champaign Il, v.20, n.4, p.452-464, 1995.

GASKILL, S.E.; SERFASS, R.C.; BACHARACH, D.W.; KWLLY, J.M. Responses to training in cross-country skiers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31 n.8, p.1211-1217, 1999.

GOBATTO, C. A. **Metabolismo glicídico em músculo sóleo isolado d ratos desnutridos e recuperados**. 1997. 101 f. Tese (doutorado em ciências biológicas – área de concentração: fisiologia e biofísica). Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 1997.

GOBATTO, C.A.; MELLO, M.A.R.; SIBUIA, C.Y.; AZEVEDO, J.R.M.; SANTOS, L.A.; KOKUBUN, E., Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, Oxford, v.130, n.1, p.21-7, 2001.

GOROSTIAGA, E. M.; WALTER, C. B.; FOSTER, C.; HICKSON, R. C. Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.63, n.2, p.101-7, 1991.

HENRIKSEN, E. J.; STUMP, C. S.; TRINH, T. T.; BEATY, S. D. Role the glucos transport in glycogen supercompensation in reweighted rat skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.80, n.5, p.1540-1546, 1996.

HURLEY, B.F.; HAGBERG, J.O.; ALLEN, W.K. et al. Effects of training on blood lactate levels during submaximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.56, n.5, p.1260-1264, 1984.

INGFER, F. Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiers. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, Copenhagen, v.1, p.25-30, 1991.

IVY, J. L.; YOUNG, J. C.; McLANE, J. A.; FELL, R. D.; HOLLOSZY, J. O. Exercise training and glucose uptake by skeletal muscle in rats. **Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology**, Bethesda, v.55, n.5, p.1393-1396, 1983.

JACOBS, I. Blood lactate: implications for training and sports performance. **Sports Medicine**, Auckland, v.3, p.10-25, 1986.

KOKUBUN, E. **Interação entre o metabolismo da glicose e ácidos graxos livres em músculo esquelético: efeito do exercício e do estado alimentar**. 1990. 114 f. Tese (doutorado em fisiologia). Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1990.

KRAEMMER, W. J. B. et al. Changes in muscle hypertrophy in womem with periodized residence training. **Medicine & Science and Sports Exercise**. v.36, n.4, p.697-708, 2004.

- LANGFORT, J.; BUDOHOSKI, L.; KACIUBA-USCILKO H.; NAZAR K.; CHALLISS J. R.; NEWSHOLME E. A. Effect of endurance and sprint exercise on sensitivity of glucose metabolism to insulin in the epitrochlearis muscle of sedentary and trained rats. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.62, n.2, p.145-50, 1991.
- LEIGHTON, B.; BLOMSTRAND, E.; CHALLISS, R A.; LOZEMAN, F.J.; PARRY-BILLINGS, M.; DIMITRIADIS, G.D.; NEWSHOLME E.A. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.136, n.2, p.177-84, 1989.
- LINDSAY, F.H., HAWOLWY, J.A; MYBURGH, K.H.; SCHOMER, H.H.; NOAKES, T.D.; DENNIS, S.C. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28., n.11, p.1427-1434, 1996.
- LUCIANO, E. **Influências do treinamento físico sobre o metabolismo de carboidratos em ratos diabéticos experimentais**. 1991. 108 f. Tese (Doutorado em Ciências Biomédicas) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1991.
- MacDOUGALL, J.D.; HICKS, A.L.; MacDONALD, J.R.; McKELVIE, R.S.; GREEN, H.J.; SMITH, K.M. Muscle performance for the rapid improvement of enzymatic adaptations to sprint interval training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.84, p.2138-2142, 1998.
- MacRAE, H. S. H.; DENNIS, S. C. BOSCH, A. N. NOAKES, T. D. Effects os training on lactate production an removal during progressive exercise in humans. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.72, n.5, p.1649-1656, 1992.
- MADER, A.; HECK, H. A theory of the metabolic origin of anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart , v.7, p.45-65, 1986.
- MAGLISCHO, E. W. **Nadando ainda mais rápido**. São Paulo: Manole, cap. 5, p.73-97. 1999.
- MANSO, J.M.G.; VALDIVIESO; M.N; CABALERRO, J.A. **Planificación del entrnamiento deportivo**. Madrid. Gymnos Editorial. 1996. 169p.
- MARTIN, D. E., C.O.E, P. N. Developing running wth periodisation of training. In: MARTIN D. E., COE, P. N., eds. **Better training for distance runners**. 2and ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 167-252, 1997.
- MATVÉIEV, L.P. **Treinamento desportivo: metodologia e treinamento**. São Paulo. Phorte. 1997.144p.
- MAUGHAN, R.; GLEESON, M.; GREENHALFF, P. L. Bioquímica do exercício e treinamento. São Paulo. Manole: 240p., 2000.
- MELLO, M.A.R.; SOUZA, C.T.; BRAGA, L.R.; SANTOS, J.W.; RIBEIRO, I.; GOBATTO, C.A. Glucose Tolerance and Insulin Action in Monossodium Glutamate (MSG) Obese Exercise-trained Rats. **Physiological Chemistry and Physics and Medical NMR**, Portland, v.33, p.63-71, 2001.
- MENDENHALL, L. A.; SWANSON, S. C.; HABASH, D. L.; COOGAN, A. R. Ten days of exercie training reduces glucose production and utilization during moderate-

intensity exercise. **American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v.266, n.1, p.E136-143, 1994.

MUJKA, I., CHATARD, J. C., BUSSO, T., GEYSSANT, A., BARALE, F., LACOSTE, L. Effects of Training on Performance in Competitive Swimming. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Champaign Il, v. 20, n.4, p.395-406, 1995.

MUJKA, I.; BUSSO, T.; LACOSTE, L.; BARALE, F.; GEYSSANT, A.; CHATARD, J-C. Modeled responses to training and taper in competitive swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28, n.2, p.251-58, 1996.

O'BRIEN, M. J.; VIGUIE, C. A.; MAZZEO; BROOKS, G. A. Carbohydrate dependence during marathon running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.25., n.9, p.1009-1017, 1993.

OVEREND, T. J.; PATERSON, D. H.; CUNNINGHAM, D.A. The effect of interval and continuous training on the aerobic parameters. **Canadian journal of sport sciences**. v.17, n.2, p.129-134, 1992.

OYONO-ENGUELLE, S. Et al. Blood lactate during constant-load exercise at aerobic and anaerobic threshold. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.60, p.321-330. 1990

PAPOTI, M. **Efeitos do Polimento sobre as performances aeróbia e anaeróbia de nadadores após ciclo experimental de treinamento**. 2003. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Motricidade - Área Biodinâmica da Motricidade). Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro, 2003.

PILEGGARD, H.; JUEL, C.; WIBRAND, F. Lactate transport studied in sarcolemmal giant vesicles from rats: effect of training. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v.264, n.27. E156-160, 1993.

PILIS, W.; ZARZECZNY, R.; LANGFORT, J.; KACIUBA-USCIEKO, H.; NAZAR, K.; WOJTYNA, J. Anaerobic threshold in rats. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, Oxford, v.106A, n.2, p.285-289. 1993.

RIVERI, H. Discus training periodization. **Track Technique**, Los Altos (USA), n.96, p.3058-3059, 1986.

RODNICK, K. J.; HENRIKSEN, E. J.; JAMES, D. E.; HOLLOSZY, J. O. Exercise training, glucose transporters, and glucose transport in rat skeletal muscles. **American Journal of Physiology: Cell Physiology**, Bethesda, v.262, n.1, p.C9-14, 1992.

ROGATTO, G.P. **Efeitos do treinamento físico de alta intensidade sobre aspectos endócrino-metabólicos de ratos Wistar**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências da Motricidade – Área Biodinâmica da Motricidade). Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro, 2001.

SANTOS, J.W.; LUCIANO, E.; MELLO, M.A.R. Treinamento aeróbio e prevenção da diabetes induzida por aloxana em ratos. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.5, n.3, p.31-41, 2000.

SILVA, M.P.; MARCONDES, M.C.C.G.; MELLO, M.A.R. Exercício aeróbio e anaeróbio: efeitos sobre a gordura sérica e tecidual de ratos alimentados com dieta hiperlipídica. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.4, n.3, p.43-56, 1999.

SJÖRGREEN, B.; NORDENSKJOLD, T.; HOLMGREN, H.; WOLLERSTRON, J. Beitrag zur Kenntnis des Lebernrhythms. **Pflugers Arch. Gesamte Physiol. Menschen Tiere**, 240: p.47. 1938.

STEPTO, N.K.; HAWLEY, J.A.; DENNIS, S.C. HOPKINS, W.G. Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31 n.5, p.736-741, 1999.

STEVANATO, E. **Efeitos do jejum sobre a interação entre o metabolismo de ácidos graxos livres e glicose em músculo esquelético de ratos treinados**. 1999. 81 f. Dissertação (mestrado em motricidade humana – área de concentração: biodinâmica da motricidade humana). Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Rio Claro, 1999.

TAN, M. H.; BONEN, A. Effect of exercise training on insulin binding and glucose metabolism in mouse soleus muscle. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v.65, p.2231-2234, 1987.

TANAKA, K. Et al. A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.16, n.3, p.278-282. 1984.

TAYLOR, A. W.; BACHMAN, L. The effects training on muscle fibres types and enzymes activities. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Champaign Il, v.24, n.1, p.41-53, 1999.

TERADA, S.; YOKOZEKI, T.; KAWANAKA, K.; OGAWA, K. HIGUCHI, M.; EZAKI, O.; TABATA, I. Effects of high-intensity swimming training on GLUT-4 and glucose transport activity in rat skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.90, n.6, p.2019-24, 2001.

VOLTARELLI, F.A., GOBETTO, C.A. MELLO, M.A.R. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.35, n.11:1389-94, 2002.

WESTGARTH-TAYLOR, C.; HAWLEY, J. A.; RICKARD, S. Metabolic and performance adaptations to interval training in endurance-trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.75, p.298-304, 1997.

7. CONCLUSÕES GERAIS

- A avaliação aeróbia pelo LAN em testes incrementais, no exercício de natação com ratos, é possível de ser realizada em animais sedentários. Após período de treinamento, alguns animais não apresentam o mesmo comportamento, ou seja, aumento abrupto na curva lactato versus carga.

- O TC5 reduz a concentração de lactato em carga submáxima (5% mc), portanto, é um bom modelo de treinamento aeróbio.

- O treinamento intervalado TI7,5, relação esforço:pausa de 4min:1,5min e sobrecarga de 7,5% mc, dentre os estudados, TC5 e TI10, foi o melhor modelo de treinamento na melhora do metabolismo glicídico.

- Os protocolos de treinamento contínuo, TC5, e intervalado, TI7,5, realizados com a mesma sobrecarga total de trabalho, não apresentaram diferenças significativas no LAN e oxidação de glicose.

- O treinamento TI10 foi o modelo que não apresentou melhora em nenhum dos parâmetros avaliados.

- Foi possível padronizar um modelo de periodização para o exercício de natação com ratos, que obteve resultados mais significativos sobre o metabolismo glicídico e no LAN que o treinamento contínuo TC5.

- Os diferentes protocolos de treinamento padronizados para compor a periodização e classificados dentro das categorias de exercício aeróbio (A-1, A-2 e A-3) e anaeróbio (AN-1, AN-2) apresentaram respostas na concentração de lactato sanguíneo similares às propostas para o treinamento de natação com humanos (MAGLISCHO, 1999). Assim, esses protocolos podem servir como opção para outros estudos.

- A padronização de um modelo de periodização e de novos protocolos de treinamento no exercício de natação com ratos, assim como a reprodução de alguns já realizados com humanos, abrem o caminho para uma nova temática de estudo das respostas endócrino-metabólicas em função do treinamento físico com o exercício de natação com ratos.

8. REFERÊNCIAS GERAIS

ACEVEDO, E.O.; GOLDFARB, A.H. Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold, and endurance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.21., n.5, p.563-568, 1989.

AITKEN, D. Periodisation of the Kayak program. **Canoe Coach**. v.15, p.25-28, 1994.

AZEVEDO, J. R. M. **Determinação de parâmetros bioquímicos em ratos sedentários e treinados durante e após o exercício agudo de natação**. 1994. 174 f. Tese (doutorado em ciências – área de concentração: fisiologia) - Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 1994.

BILLAT, V.L.; BOCQUET, V.; SLAWINSKI, J.; LAFFITE, L.; DEMARLE, A. CHASSAING, P.; KORALSZTEIN, J.P. Effect of a prior intermittent run at $v\dot{V}O_{2max}$ on oxygen kinetics during an all-out severe run in humans. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v.40, p.185-194. 2000

BOGHOSSIAN, S. & ALLIOT, J. A moderate swimming exercise regularly performed throughout the life induces age and sex-related modifications in adaptative macronutrients choice. **Mechanisms of Ageing and Development**, Limerick, v.120, n.1-3, p.95-109, 2000.

BRAGA, L.R.; MELLO, M.AR.; GOBATTO, C.A. Ganho de peso e gordura corporal de reatos obesos submetidos ao treinamento contínuo e intermitente. **Motriz**, Rio Claro, v.7, n.1(Supl), p.S209, 2001.

DIAZ-HERRERA, P.; GARCIA-CASTELLANO, J.M.; TORRES, A.; MORCUENDE, J.A.; CALBERT, J.A.; SARRAT, R. Effect of high-intensity running in rectus femoris muscle fiber in rats. **Journal of Orthopaedic Research**, New York, v.19, n.2, p. 229-32, 2001.

FERREIRA L.D.; BRAU, L.; NIKOLOVISKI, S.; RAJA, G.; PALMER, T.N.; FOUMIER, P.A. Effect of streptozocin-induced diabetes on glycogen resynthesis in fasted rats post-high-intensity exercise. **American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v.280, n.1, E83-91, 2001.

GALDINO, R.; ALMEIDA, C.C.S.; LUCIANO, E.; MELLO, M.A.R. Protein malnutrition does not impair glucose metabolism adaptations to exercise training. **Nutrition Research**, New York, v.20, n.4, p.527-535, 2000.

GASKILL, S.E.; SERFASS, R.C.; BACHARACH, D.W.; KWLLY, J.M. Responses to training in cross-country skiers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31 n.8, p.1211-1217, 1999.

GOBATTO, C.A.; SIBUYA, C.; KOKUBUN, E.; MELLO, M.A.R.; Muscle glycolitic flux of malnourished, recovered and exercise-trained rats. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.29 n.5(Suppl.), p.S, 1997.

GOBATTO, C.A.; MELLO, M.A.R.; SIBUIA, C.Y.; AZEVEDO, J.R.M.; SANTOS, L.A.; KOKUBUN, E., Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, Oxford, v.130, n.1, p.21-7, 2001.

LINDSAY, F.H., HAWOLWY, J.A; MYBURGH, K.H.; SCHOMER, H.H.; NOAKES, T.D.; DENNIS, S.C. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28., n.11, p.1427-1434, 1996.

LUCIANO, E. & MELLO, M.A.R. Atividade física e metabolismo de proteínas em músculo de ratos diabéticos experimentais. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.12, n.2, p.202-209,1998.

MACHADO, C.K.; ANDRADE, S.C.R.; VEIGA, M.C.F.A.; CASTRO, J.C.B. Efeito do exercício na hipertensão renovascular crônica em ratos. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v.4, n.1, p.11-17, 1999.

MAGLISCHO, E. W. **Nadando ainda mais rápido**. São Paulo: Manole, cap. 5, p.73-97. 1999.

MANSO, J.M.G.; VALDIVIESO; M.N; CABALERRO, J.A. **Planificación del entrenamiento deportivo**. Madrid. Gymnos Editorial. 1996. 169p.

MARTIN, D. E., C.O.E, P. N. Developing running with periodisation of training. In: MARTIN D. E., COE, P. N., eds. **Better training for distance runners**. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, p.167-252, 1997.

MATVÉIEV, L.P. **Treinamento desportivo: metodologia e treinamento**. São Paulo: Phorte. 1997.

MELLO, M.A.R. Effects of intrauterine and postnatal protein-calorie malnutrition on metabolic adaptations to exercise in young rats. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.27, n.10, p.2461-6, 1994.

MELLO, M.A.R. VILLAR,R.; ALMEIDA, A.G.; LUCAS, R.D.; ROSA, M.R.R.; PALLA, A.C. Glucose ingestion and blood glucose and lactate levels during exercise in protein-malnourished recovered rats. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31., n.5 (Suppl.), p.S196, 1999.

PEREIRA, B.; ROSA, L.F.B.P.C.; BECHARA, E.J.H.; CURI, R. Aintioxidant enzyme activities in the lymphoid organs and macrophages of rats trained to perform moderate exercise. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.48, n.1/2, p.43-46, 1996.

PERES, S. & LUCIANO, E. Influência de esteróide anabólico (deca-durabolin) sobre o metabolismo de ratos submetidos ao treinamento físico. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.9, n.2, p.131-137, 1995.

RIVERI, H. Discus training periodization. **Track Technique**, Los Altos (USA), 1986, n.96, p.3058-3059, 1986.

ROGATTO, G.P. **Efeitos do treinamento físico de alta intensidade sobre aspectos endócrino-metabólicos de ratos Wistar**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências da Motricidade – Área Biodinâmica da Motricidade). Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro, 2001.

SANTOS, J.W.; LUCIANO, E.; MELLO, M.A.R. Treinamento aeróbio e prevenção da diabetes induzida por aloxana em ratos. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.5, n.3, p.31-41, 2000.

SANTOS, J.W.; MELLO, M.A.R. Evolução do treinamento aeróbio em humanos e em modelos experimentais de exercício com ratos. **Revista Logos**, São José do Rio Pardo-SP, n.11, p.57-73. São José do Rio Pardo, 2003.

SILVA, M.P.; MARCONDES, M.C.C.G.; MELLO, M.A.R. Exercício aeróbio e anaeróbio: efeitos sobre a gordura sérica e tecidual de ratos alimentados com dieta hiperlipídica. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.4, n.3, p.43-56, 1999.

STEPTO, N.K.; HAWLEY, J.A.; DENNIS, S.C. HOPKINS, W.G. Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31 n.5, p.736-741, 1999.

TABATA, I.; NISHIMURA, K.; KOUZAKI, M.; HIRAI, Y. OGITA, F.; MIYACHI, M.; YAMAMOTO, K. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic and VO_{2max} . **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28., n.10, p.1327-1330, 1996.

TABATA, I.; IRISAWA, K.; KOUZAKI, M.; NISHIMURA, K.; OGITA, F.; MIYACHI, M.; YAMAMOTO, K. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.29., n.3, p.390-395, 1997.

TERADA, S.; YOKOZEKI, T.; KAWANAKA, K.; OGAWA, K. HIGUCHI, M.; EZAKI, O.; TABATA, I. Effects of high-intensity swimming training on glut-4 and glucose transport activity in rat skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.90, n.6, p.2019-24, 2001.

VOLTARELLI, F.A., GOBETTO, C.A. MELLO, M.A.R. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.35, n.11:1389-94, 2002.

WISLOFF, U.; HELGERUD, J.; KEMI, O.J.; ELLINGSEN, O. , Intensity-controlled treadmill running in rats: VO_{2max} and cardiac hypertrophy. **American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology**, Bethesda, v.280, n.3, p.H1301-10, 2001.

ABSTRACT

This study aimed to adapt for rats two models of interval training currently used in human training, establish a periodisation protocol for aerobic swimming training and to compare them with the continuous swimming training. The variables evaluated were: lactate anaerobic threshold (AT); blood lactate concentration (BLC) at the overload of 5% body mass (bm) during the test for AT estimation and muscle and liver glycogen concentrations. Glucose metabolism *in vitro*, in isolated soleus muscle incubated in presence of insulin (100mU/100mL), was also evaluated, by measuring the glucose uptake, using [³H] 2-deoxyglucose (2-DG = 0,5 µCi·mL⁻¹) as tracer, as well as, glycogen synthesis, lactate production and glucose oxidation from [U-¹⁴C] glucose (0,25 µCi·mL⁻¹). The statistical methods included Anova one-way, with the significance level set at 5%. In one experiment, four groups of male Wistar were compared: sedentary (SED); continuous training with overload of 5% bm (CT5); interval training with 7,5% bm, work:pause of 4 min:1min30s (IT-7,5); Interval training with overload of 10% mc, work:pause of 30s:30s (IT-10). The groups of exercise-trained rats exercised 60min/day. In another experiment, a SED group, a continuous training (CT5) and a periodised training (basic, specific and taper period), with volume-intensity, aerobic and anaerobic alternation of the stimulus (PT) were formed. After a 3-4 weeks adaptation period, in both experiments, the trained groups maintained training frequency of 5 days/week, during 5 weeks. In each experiment, the training overload was quantified (% bm · time of exercise in the training session) and the total work was the same in all groups. In the first experiment there was no significant difference in AT among the groups. CT5 group presented lower BLC at 5% bm than SED (CT5 = -21,8; IT7,5 e IT10 = -12,7%) groups. The animals of the IT-7,5 group

presented higher rates of glycogen synthesis (27,3%), than the group SED, and higher lactate production (70,9%) than the group CT5. In the second experiment, the animals CT5 and PT animals presented AT significantly higher than the SED animals (133 e 204%, respectively) being PT higher than CT5 (30,1%). The BLC at 5% bm in the groups CT5 and PT was lower than in SED (TC5= -33,9 e PT= -30,6%). The PT group presented increased rates of glucose uptake (59,2%), glycogen synthesis (51,3 and 22,4 %) and glucose oxidation (146,7 and 172,7%) when compared to SED and CT5 groups, respectively. The CT5 group also presented higher rates of glycogen synthesis in relation to the SED group (23,5%). In both experiments, muscle and liver glycogen did not differ among the groups. The IT7,5, with work:pause of 4:1,5 min, proved to be a good stimulus for both, aerobic and anaerobic metabolism. The CT5 reduced BLC in submáximal overload (5% bm). The results of PT demonstrated that the organization of exercise training through periodisation was the most efficient protocol on all the evaluated parameters. Evenhere, the CT5 protocol, already employed in previous studies, as well as IT7,5, IT10 training protocols and especially the PT protocol established the present study, bring new possibilities for the study of the swim exercise-training with rats. Taken together, the results of the present study confirm the hypothesis that is possible to adapt the training methods currently used for human beings to the conditions of the swimming rat.

APÊNDICE 1

Concentrações de lactato sangüíneo (CSL) em repouso e durante as sessões de treinamento do protocolo TC5.

Tabela 1 - Concentrações de lactato sangüíneo (mM) em repouso na primeira semana (S1) e quinta semana (S5) de treinamento.

Semanas	Lactato em repouso (mM)
S1	1,12 ± 0,08
S5	1,26 ± 0,11

Valores expressos em média ± erro padrão (não houve diferença significativa, teste-t para amostras dependentes, $p < 0,05$).

Tabela 2 – Concentrações de lactato sangüíneo (mM) do grupo TC5, durante a primeira semana (S1) e quinta semana (S5) de treinamento. Valores expressos em média ± erro padrão (n=6).

Treinamento na S1		40min com sobrecarga de 5% mc			
Coletas (min)	10	20	30	40	
Lactato (mM)	3,15 ± 0,58	2,93 ± 0,35	3,16 ± 0,53	2,79 ± 0,64	

Treinamento na S5		40min com sobrecarga de 5% mc			
Coletas (min)	10	20	30	40	
Lactato (mM)	4,05 ± 0,59	3,35 ± 0,68	3,19 ± 1,54	3,61 ± 2,13	

APÊNDICE 2

Concentrações de lactato sanguíneo em repouso e durante as sessões de treinamento do protocolo TC5 e do TP, nos diferentes níveis de intensidade (A-1, A-2, A-3, AN-1 e AN-2).

Tabela 1 - Concentrações de lactato sanguíneo (mM) em repouso na primeira semana (S1) e quinta semana (S5) de treinamento.

Semanas	Lactato em repouso
S1	1,28 ± 0,12
S5	1,33 ± 0,17

Valores expressos em média ± erro padrão. Não houve diferença significativa, teste-t para amostras dependentes, $p < 0,05$.

Tabela 2 – Concentrações de lactato sanguíneo do grupo TC5, durante as sessões de treinamento na primeira semana (S1) e quinta semana (S5). Valores expressos em média ± erro padrão.

	Lactato (mM)
Treinamento na S1 (n=6)	3,0 ± 0,4
Treinamento na S5 (n=6)	3,6 ± 1,2

Valores médios de quatro amostras, coletadas a cada 10 min, expressos em média ± erro padrão. Não houve diferença significativa (teste-t para amostras dependentes, $p < 0,05$).

Tabela 3 – Concentrações de lactato sanguíneo (mM) na intensidade aeróbia A-1, durante a primeira semana (S1) e quinta semana (S5) de treinamento. Valores expressos em média ± erro padrão.

Treinamento na S1		60min com sobrecarga de 3,5% mc			
Coletas (min)		15	30	45	60
Lactato (mM)		2,55 ± 0,66	2,20 ± 0,74	2,09 ± 0,72	1,93 ± 0,54
Treinamento na S2		14min com sobrecarga de 2% mc (A-1), realizados imediatamente após treino A-2 (4min c/ 8% mc)			
Coleta (min)		18			
Lactato (mM)		3,14 ± 1,13			

Tabela 4 – Concentrações de lactato sanguíneo (mM) na intensidade aeróbia A-2, durante a primeira semana (S1) e quinta semana (S5) de treinamento. Valores expressos em média \pm erro padrão.

Treinamento na S1		30min com sobrecarga de 6% mc		
Coletas (min)		10	20	30
Lactato (mM)		3,91 \pm 0,84	3,04 \pm 0,60	1,85 \pm 0,27

Treinamento na S5		4 x 6min (8% mc) e 30s de recuperação entre os estímulos			
Coletas		1	2	3	4
(ao final dos estímulos)					
Lactato (mM)		4,73 \pm 0,26	-	2,50 \pm 0,45	2,71 \pm 0,58

Tabela 5 – Concentrações de lactato sanguíneo (mM) na intensidade aeróbia A-3, durante a primeira semana (S1) e quinta semana (S5) de treinamento. Valores expressos em média \pm erro padrão.

Treinamento na S1		6 x 4min (8% mc) e 1min30s de recuperação entre os estímulos					
Coletas		1	2	3	4	5	6
(ao final dos estímulos)							
Lactato (mM)		-	5,22 \pm 0,57	-	4,59 \pm 0,77	-	-

Treinamento na S5		3 x 2min30s (10% mc) e 1min30s de recuperação entre os estímulos		
Coletas		1	2	3
(ao final dos estímulos)				
Lactato (mM)		5,98 \pm 0,40	-	6,93 \pm 0,60

Tabela 6 – Concentrações de lactato sanguíneo (mM) na intensidade anaeróbia AN-1, durante a quarta semana (S4) de treinamento, considerando o valor de pico entre o final de cada estímulo, aos 5 e aos 7min de recuperação. Valores expressos em média \pm erro padrão

Treinamento na S4		4 x 1min30 (25% mc) e 5min de recuperação entre os estímulos			
Coletas		1	2	3	4
(ao final dos estímulos)					
Lactato (mM)		7,46 \pm 0,73	-	10,5 \pm 0,48	-

Tabela 7 – Concentrações de lactato sanguíneo (mM) na intensidade anaeróbia AN-2, durante a quarta semana (S4) de treinamento, considerando o valor de pico entre o final de cada estímulo, aos 3, 5 e 7min de recuperação. Valores expressos em média \pm erro padrão.

Treinamento na S4 4 x 30s (50% mc) e 3min de recuperação entre os estímulos				
Coletas (ao final dos estímulos)	1	2	3	4
Lactato (mM)	3,89 \pm 0,29	-	-	6,14 \pm 0,54

APÊNDICE 3

Quantificação do treinamento de acordo com os níveis de intensidade, durante a periodização.

Tabela 1 - Período Preparatório Básico (PPB), semana 1 (BASE-1).

Semama 1: BASE-1

Dia	Sessões de Treinamento						Tempo (min)	Sobrecarga (W1 + W2)
	C1	T1	W1	C2	T2	W2		
SEG	TD4	3min (~1%), 3min (~2%), 3min (~4%) 3min (~6%)	-	A1	20min (2,5%)	50	32	50
TER	A-2	30min (6%)	180	A1	20min (2,5%)	50	50	230
QUA	A-3	6 x 4min (8%) (1min30s rec)	192	A1	15min (2,5%)	37,5	39	229,5
QUI	A-1	60min (3,0%)	180	-	-	-	60	180
SEX	A-2	4 x 6min (6,5%) (30s rec)	156	A1	20 min (2,5%)	50	44	206
Total							225	940,5

C= categoria de estímulos de treinamento (A1, A2, A3, AN1, AN2).

TD4= teste descontínuo com 4 cargas para determinação do LAN.

T1 e T2= primeiro e segundo treino da sessão treinamento.

T2= segundo treino da sessão de treinamento.

W1 e W2= quantificação da primeira e segunda sobrecarga da sessão de treinamento (W= tempo total de esforço da sessão · % mc).

Nos dias com grifos (__) foram realizadas as coletas de sangue para dosagem de lactato, durante o treino ou o teste (TD4) para determinação do LAN.

Obs.: a carga do teste TD4 não foi computada na somatória total.

Tabela 2 - Período Preparatório Básico (PPB), semana 2 (BASE-2).**Semama 2: BASE-2**

Dia	Sessões de Treinamento						Tempo (min)	Sobrecarga (W1 + W2)
	C1	T1	W1	C2	T2	W2		
SEG	A-2	33min (6%)	198	A1	25min (2,5%)	62,5	58	260,5
TER	A-3	6 x 4min (8%) (1min30s rec)	192	A1	25min (2,5%)	62,5	49	254,5
QUA	AN-2	6 x 30s (50%) (3min rec)	150	A1	30min (2,5%)	75	33	225
QUI	A-3	6 x 2min30s (9%) (1min rec)	135	A1	30min (2,5%)	75	45	210
SEX	A-2	6 x 6min (6,5%) (30s rec)	234	A1	30min (2,5%)	75	66	309
Total							251	1259

C= categoria de estímulos de treinamento (A1, A2, A3, AN1, AN2).

TD4= teste descontínuo com 4 cargas para determinação do LAN.

T1 e T2= primeiro e segundo treino da sessão treinamento.

T2= segundo treino da sessão de treinamento.

W1 e W2= quantificação da primeira e segunda sobrecarga da sessão de treinamento (W= tempo total de esforço da sessão · % mc).

Nos dias com grifos (__) foram realizadas as coletas de sangue para dosagem de lactato, durante o treino ou o teste (TD4) para determinação do LAN.

Obs.: a carga do teste TD4 não foi computada na somatória total.

Tabela 3 - Período Preparatório Específico (PPE), semana 3 (ESPE-1).**Semama 3: ESPE-1**

Dia	Sessões de Treinamento						Tempo (min)	Sobrecarga (W1 + W2)
	C1	T1	W1	C2	T2	W2		
SEG	AN-1	4x1min30s (25%) (5 min rec)	150	A1	20min (3,0%)	60	26	210
TER	A-2	5 x 6min (8%) (30s rec)	240	A1	20min (3,0%)	60	50	300
QUA	A-3	5 x 2'30 (10%) (1min rec)	125	A1	25min (3,0%)	75	37,5	200
QUI	AN-2	6 x 30s (50%) (3min rec)	150	A1	30min (3,0%)	90	33	240
SEX	A-2	5 x 6min (8%) (30s rec)	240	A1	20min (3,0%)	60	50	300
Total							196,5	1250

C= categoria de estímulos de treinamento (A1, A2, A3, AN1, AN2).

TD4= teste descontínuo com 4 cargas para determinação do LAN.

T1 e T2= primeiro e segundo treino da sessão treinamento.

T2= segundo treino da sessão de treinamento.

W1 e W2= quantificação da primeira e segunda sobrecarga da sessão de treinamento (W= tempo total de esforço da sessão · % mc).

Nos dias com grifos (__) foram realizadas as coletas de sangue para dosagem de lactato, durante o treino ou o teste (TD4) para determinação do LAN.

Obs.: a carga do teste TD4 não foi computada na somatória total.

Tabela 4 - Período Preparatório Específico (PPE), semana 4 (ESPE-2).**Semana 4: ESPE-2**

Dia	Sessão de Treinamento						Tempo (min)	Sobrecarga (W + W2)
	C1	T1	W1	C2	T2	W2		
SEG	A-2	3 x 6min (8%) (30s rec)	144	A1	15min (2,5%)	37,5	33	181,5
TER	AN-1	4 x 1min30s (25%) (5min rec)	150	A1	15min (2,5%)	37,5	21	187,5
QUA	A-3	4 x 2min30s (10%) (1min30s rec)	100	A1	15min (2,5%)	37,5	25	137,5
QUI	AN-2	4 x 30s (50%) (3 min rec)	100	A1	20min (2,5%)	50	22	150
SEX	A-2	4 x 5min (8%) (30s rec)	160	A1	15min (2,5%)	37,5	35	197,5
Total							136	854

C= categoria de estímulos de treinamento (A1, A2, A3, AN1, AN2).

TD4= teste descontínuo com 4 cargas para determinação do LAN.

T1 e T2= primeiro e segundo treino da sessão treinamento.

T2= segundo treino da sessão de treinamento.

W1 e W2= quantificação da primeira e segunda sobrecarga da sessão de treinamento (W= tempo total de esforço da sessão · % mc).

Nos dias com grifos (__) foram realizadas as coletas de sangue para dosagem de lactato, durante o treino ou o teste (TD4) para determinação do LAN.

Obs.: a carga do teste TD4 não foi computada na somatória total.

Tabela 5 - Período de Polimento (POLI), semana 5 (POLI).**Semana 5: POLI**

Dia	Sessão de Treinamento						Tempo (min)	Sobrecarga (W + W2)
	C1	T1	W1	C2	T2	W2		
SEG	AN-2	3 x 30' (45%) (3min rec)	67,5	A1	10min (2%)	20	11,5	87,5
TER	A-3	3 x 2min30s (10%) (1min30s rec)	75	A1	10min (2%)	20	16,5	95
QUA	-	-	-	-	-	-	-	-
QUI	TD4	3min (~5%), 3min (~7%), 3min (~9%), 3min (~11%)	-	-	-	-	-	-
SEX	A-2	4 x 6min (8%) (30s rec)	192	A1	20min (2%)	40	44	132
SAB	A-3	3 x 3min (9%) (30s rec)	81	A1	20min (2,5%)	50	29	131
DOM	A-2	4min (8%)	32	A1	14min (1%)	14	18	46
SEG	-	-	-	-	-	-	-	-
Total							119	587,5
TER	Sacrifício							

C= categoria de estímulos de treinamento (A1, A2, A3, AN1, AN2).

TD4= teste descontínuo com 4 cargas para determinação do LAN.

T1 e T2= primeiro e segundo treino da sessão treinamento.

T2= segundo treino da sessão de treinamento.

W1 e W2= quantificação da primeira e segunda sobrecarga da sessão de treinamento (W= tempo total de esforço da sessão · % mc).

Nos dias com grifos (__) foram realizadas as coletas de sangue para dosagem de lactato, durante o treino ou o teste (TD4) para determinação do LAN.

Obs.: a carga do teste TD4 não foi computada na somatória total.

APÊNDICE 4

Contribuição percentual de treinamento aeróbio e anaeróbio.

Tabela 1 – Contribuição percentual do treinamento com característica aeróbia (A-1, A-2, e A-3) e anaeróbia (AN-1 e AN-2), em cada fase da periodização.

C	PPB		PPB		POLI	Percentual Total
	BASE-1 (%)	BASE-2 (%)	ESPE-1 (%)	ESPE-2 (%)	(%)	(%)
A	100	88,1	76,0	70,7	88,0	84,2
AN	0,0	11,9	24,0	29,3	12,0	15,8
Total	100	100	100	100	100	100

C= categorias de estímulos. A= aeróbio e AN= anaeróbio.

PPB = período preparatório básico (BASE-1 e BASE-2= semanas do PPB).

PPE = período preparatório específico (ESPE-1 e ESPE-2 = semanas do PPE).

POLI = período de polimento

APÊNDICE 5

Contribuição absoluta e relativa dos diferentes níveis de intensidade.

Tabela 1 - Níveis de esforço aeróbio e (A-1, A-2, e A-3) e anaeróbio (AN-1 e AN-2) com os respectivos valores absolutos e relativos, durante toda a periodização.

C	Nº de Treinos	Sobrecarga Total (UT)	Percentual Total (%)	Percentual A e AN (%)
A-1	25	1406,5	29	
A-2	10	1776	36,6	84,2
A-3	7	900	18,6	
AN-1	2	300	6,2	
AN-2	4	467,5	9,6	15,8
Total	48	4850	100	100

C= categorias de estímulos. A= aeróbio e AN= anaeróbio.

Sobrecarga de treinamento (W) expressa em unidades arbitrárias de treinamento (UT)

APÊNDICE 6

Principais características do treinamento periodizado (TP), com relação ao volume, intensidade, períodos de preparação básico, específico e polimento.

- Volume de treinamento: aumentou gradativamente nas duas primeiras semanas e o objetivo foi chegar ao pico de volume ao final do PPB.

- Intensidade de treinamento: os níveis de intensidades aeróbio (A-1, A-2 e A-3) iniciaram na primeira semana com 2,5, 6 e 8% mc e chegaram a 3, 8 e 10% mc. Os níveis de intensidade anaeróbio (AN-1 e AN-2) foram mantidos constantes em 25 e 50% mc, respectivamente, em quase todas as sessões de treinamento.

- Período de Preparação Básico (PPB): intensidade mantida constante, aumento de ~10% no volume da primeira para segunda semana, com ênfase no treinamento aeróbio. Na primeira semana (microciclo introdutório) houve aumento progressivo do volume e o pico no volume foi em uma sessão de treinamento de 66min, com a maior sobrecarga de treinamento diário (309 UT), na segunda semana (microciclo de Desenvolvimento).

- Período de Preparação Específico (PPE): a prioridade continuou no treinamento aeróbio, mas com pequeno acréscimo do percentual de treino anaeróbio. A intensidade aumentou ~20%, com redução no volume. Na primeira semana (microciclo de Choque) houve o pico de sobrecarga com relação a intensidade, seguida por uma semana com redução da intensidade (microciclo de Recuperação).

- Período de Polimento (POLI): o volume continuou a ser reduzido, como já havia sendo feito no PPE. A intensidade foi mantida a mesma da semana anterior, porém com os estímulos realizados em menor duração e proporção de treinamento aeróbio.