

EFEITO DO EXERCÍCIO AERÓBIO PRÉVIO REALIZADO EM DIFERENTES
CADÊNCIAS DE PEDALADA SOBRE O NÚMERO MÁXIMO DE REPETIÇÕES
NA MUSCULAÇÃO E A CAPACIDADE DE SALTOS

VINÍCIUS DANIEL DE ARAÚJO RUAS

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

RIO CLARO
Estado de São Paulo-Brasil
Março/2007

EFEITO DO EXERCÍCIO AERÓBIO PRÉVIO REALIZADO EM DIFERENTES
CADÊNCIAS DE PEDALADA SOBRE O NÚMERO MÁXIMO DE REPETIÇÕES
NA MUSCULAÇÃO E A CAPACIDADE DE SALTOS

VINÍCIUS DANIEL DE ARAÚJO RUAS

Orientadora: Prof. Dra. CAMILA COELHO GRECO

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

RIO CLARO
Estado de São Paulo-Brasil
Março/2007

Dedico esta dissertação a meus pais,
Nelson e Terezinha,
por todo o amor e por todo o esforço
que fizeram e ainda fazem para que
eu pudesse atingir meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por tudo na minha vida.

Aos meus pais, Terezinha e Nelson, simplesmente por existirem!

Andréa, minha irmã, por todo o apoio, amor e companheirismo.

Juliana, minha namorada, por estar presente em todos os momentos, bons e ruins, sempre ao meu lado. Obrigado por sua ajuda e pelo seu amor!

Camila, por todo o apoio, incentivo e enorme ajuda durante todo o período do mestrado. Um muitíssimo obrigado pela confiança e por todo o tempo dedicado a mim durante esses dois anos.

Denadai, por toda a colaboração e por toda ajuda desde o período da graduação, sempre atencioso e prestativo

Tiago, grande amigo que, nas várias conversas nos tempos de república, despertou em mim o interesse em estudar e conhecer mais a fisiologia do exercício. E por toda a colaboração na dissertação.

A todos os voluntários, pelo tempo e dedicação durante toda a duração do protocolo.

A todos os amigos que, direta ou indiretamente contribuíram de uma forma ou de outra durante esse período do mestrado.

RESUMO

Em muitos programas de condicionamento físico ou de treinamento esportivo, os indivíduos têm de realizar exercícios aeróbios e de força na mesma sessão. No entanto, o treinamento concorrente demanda adaptações específicas para a melhora do rendimento aeróbio e do rendimento de força, e pode, dependendo das condições que forem realizados, comprometerem o rendimento da força. Portanto, os objetivos deste estudo foram: a) Analisar o efeito do exercício aeróbio realizado no ciclismo sobre a força muscular subsequente, e; b) Verificar se o efeito do exercício aeróbio prévio é dependente do tipo de exercício de força realizado. Doze indivíduos do gênero masculino fisicamente ativos ($23 \pm 3,7$ anos, $77,2 \pm 8,9$ kg, $179,3 \pm 4$ cm, $14,34 \pm 2,99\%$ gordura) executaram 2 testes incrementais até a exaustão em diferentes cadências de pedalada (50 rev.min^{-1} e 100 rev.min^{-1}) para determinação do LAn, e um protocolo para a determinação da carga equivalente a 10 repetições máximas (10RM) em um aparelho *leg-press* 45° . Após a realização destes, os mesmos executaram três séries de repetições máximas com a carga de 10RM no *leg-press* (L) ou três séries de 10 saltos máximos em uma plataforma de saltos (S), nas seguintes condições: 1) Controle (LC e SC); 2) L50 e S50 – após a realização de um exercício de 30 minutos no LAn na cadência de 50 rev.min^{-1} ; 3) L100 e S100 – após a realização de um exercício de 30 minutos no LAn na cadência de 100 rev.min^{-1} . Houve uma redução significativa do número de repetições na primeira série nas condições L50 (10 ± 1) e L100 (9 ± 2) em relação à LC (12 ± 2), e na terceira série na condição L100 (6 ± 2) comparada à LC (9 ± 1). Houve uma redução significativa na altura média de saltos nas séries 1 ($29,0 \pm 4,1$ cm) e 3 ($29,1 \pm 2,9$ cm) da condição S50 em relação a SC ($32,0 \pm 3,3$ cm e $31,8 \pm 2,9$ cm, respectivamente). Nas

condições analisadas, o exercício aeróbio prévio realizado no ciclismo e em diferentes cadências de pedalada influencia de forma diferente a força muscular subsequente. Para o exercício de *leg-press*, quanto maior a velocidade de contração, maior a redução no rendimento da força. Para os saltos, houve queda apenas quando o exercício aeróbio foi realizado em condições diferentes de velocidade de contração e nível de tensão muscular. Indivíduos que buscam a melhora do condicionamento físico e fazem exercícios de força e os treinos ou aulas de ciclismo na mesma sessão de treinamento, com o intuito de minimizar o efeito do exercício aeróbio no rendimento do exercício de força subsequente, devem executar o exercício de ciclismo em uma cadência de pedalada baixa. Sugere-se também que o exercício de ciclismo feito previamente a uma sessão de treinamento de saltos ou pliometria seja feito em cadências de pedalada altas.

Palavras-chave: ciclismo, cadência de pedalada, força muscular.

ABSTRACT

In several physical conditioning and sports training programs, individuals have to perform aerobic and strength exercises in the same training session. However, the concurrent training demands specific adaptations to the improvement of aerobic and strength performance and, depending of the conditions which they are performed, the strength performance can be compromised. Thus, the purposes of this study were: a) To analyze the effect of aerobic exercise performed in cycling on subsequent muscular strength, and; b) To analyze if the effect of previous aerobic exercise is dependent on the type of the strength exercise. Twelve active males (23 ± 3.7 years, 77.17 ± 8.86 kg, 179.33 ± 4.03 cm, $14.34 \pm 2.99\%$ body fat) performed 2 incremental tests until exhaustion in different pedal cadences ($50 \text{ rev}\cdot\text{min}^{-1}$ and $100 \text{ rev}\cdot\text{min}^{-1}$) to in order to determine the anaerobic threshold (AT), and a protocol to determine the workload corresponding to 10 maximal repetitions (10RM) in leg press 45° . Then, they performed 3 sets of maximal repetitions with workload of 10RM in leg press (L) or 3 sets of 10 maximal countermovement jumps in a contact plate (S), in the following conditions: 1) Control (LC and SC); 2) L50 and S50 – after 30 minutes of cycling at AT and pedal cadence of $50 \text{ rev}\cdot\text{min}^{-1}$; 3) L100 and S100 – after 30 minutes of cycling at AT and pedal cadence of $100 \text{ rev}\cdot\text{min}^{-1}$. There was a significant reduction on the number of repetitions performed in the first set at the conditions L50 (10 ± 1) and L100 (9 ± 2) in relation to LC (12 ± 2), and in the third set at the condition L100 (6 ± 2) compared to LC (9 ± 1). There was a significant reduction in the mean jump height in the first (29.0 ± 4.1 cm) and third (29.1 ± 2.9 cm) sets at S50 in relation to SC (32.0 ± 3.3 cm and 31.8 ± 2.9 cm, respectively). Thus, at these conditions, previous aerobic exercise performed at different

pedal cadences in cycling have a different influence on the subsequent muscular strength. In leg press exercise, as the speed contractions increases, greater was the negative effect on the subsequent strength exercise. In jump exercise, there was a significant reduction on the mean jump height only when the aerobic exercise was performed in different conditions of speed contractions and tension level. Individuals who aim a improvement in physical fitness and do a strength training combined with a training session or a class of cycling on the same training session, intending to minimize the negative effect of aerobic exercise on subsequent strength exercise performance, must perform the cycling exercise at a slow pedal cadence. It is suggested too, that the cycling exercise performed before a jump training session or plyometry must be performed at faster pedal cadences.

Keywords: cycling, pedal cadence, muscular strength.

LISTA DE ABREVIATURAS

VO₂MAX	Consumo máximo de oxigênio
%VO₂MAX	Percentual do consumo máximo de oxigênio
LAn	Limiar anaeróbio
%LAn	Percentual do limiar anaeróbio
[lac]	Concentração de lactato sanguíneo
FC	Frequência cardíaca
EMG	Eletromiografia
Rev.min⁻¹	Revoluções por minuto
VO₂	Consumo de oxigênio
W	<i>Watts</i>
mM	Milimolar
FC_{MAX}	Frequência cardíaca máxima
MSSL	Máxima fase estável de lactato sanguíneo
FC_{MSSL}	Frequência cardíaca de máxima fase estável de lactato sanguíneo
PA	Pressão arterial
RPE	Percepção subjetiva de esforço
P_{MAX}	Potência aeróbia máxima
RM	Repetições máximas
LC	<i>Leg-press</i> controle
L50	<i>Leg-press</i> experimental 50 rev.min ⁻¹
L100	<i>Leg-press</i> experimental 100 rev.min ⁻¹
SC	Salto controle
S50	Salto experimental 50 rev.min ⁻¹
S100	Salto experimental 100 rev.min ⁻¹
NaF	Fluoreto de sódio
DP	Desvio-padrão
[lac]_{MAX}	Concentração de lactato máxima no teste incremental
P_{LAn}	Potência de limiar anaeróbio
FC_{LAn}	Frequência cardíaca correspondente ao LAn
bpm	Batimentos por minuto
%P_{MAX}	LAn relativo à potência aeróbia máxima
%FC_{MAX}	FC correspondente ao LAn relativa a FC _{MAX}
FC_{MSSL}	FC correspondente à MSSL
CAE	Ciclo alongamento-encurtamento
MVC	Força voluntária máxima
SNC	Sistema Nervoso Central
LAn/kg	LAn relativo à massa corporal
MFVC	Velocidade de condução do impulso nervoso

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

	Página
Figura 1. Representação do delineamento experimental.....	21
Figura 2. Fluxograma das condições experimentais (L50, L100, S50 e S100).....	21
Tabela 1. Características etárias e antropométricas dos sujeitos.....	27
Tabela 2. Valores médios $\pm$ DP da intensidade máxima (P_{MAX}), frequência cardíaca máxima (FC_{MAX}) e concentração de lactato sanguíneo máxima ($[lac]_{MAX}$), P_{LAN} em valores absoluto (W) e relativo à potência máxima ($\%P_{MAX}$) e da FC correspondente ao LAN (FC_{LAN}) em valores absoluto (bpm) e relativo à FC_{MAX} ($\%FC_{MAX}$) obtidos no teste incremental nas cadências de 50 e 100 rev.min ⁻¹	28
Tabela 3. Valores médios $\pm$ DP da resposta de lactato sanguíneo ($[lac]$) (mM) e frequência cardíaca (FC) (bpm) obtidos no 10 ^o e 30 ^o min do exercício aeróbio que precedeu as séries de repetições máximas (L) ou de saltos (S), nas cadências de 50 e 100 rev.min ⁻¹ . N = 12.....	29
Figura 3. Número máximo de repetições executados no aparelho <i>leg-press</i> 45° nas condições controle (LC), experimental a 50 rev.min ⁻¹ (L50) e experimental a 100 rev.min ⁻¹ (L100).....	30
Figura 4. Altura média das séries de 10 saltos nas condições controle (SC), experimental a 50 rev.min ⁻¹ (S50) e experimental a 100 rev.min ⁻¹ (S100). N = 10.	31
Figura 5. Valores de FC em cada carga do teste incremental a 50 rev.min ⁻¹ e a 100 rev.min ⁻¹ . N= 12.....	32
Figura 6. Valores de $[lac]$ em cada carga do teste incremental a 50 rev.min ⁻¹ e a 100 rev.min ⁻¹ . N= 12.....	33

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	
2.1. Efeito da cadência de pedalada em variáveis metabólicas e neuromusculares.....	5
2.2. Efeitos crônicos do treinamento concorrente aeróbio e de força.....	10
2.3. Efeitos agudos do treinamento concorrente aeróbio e de força.....	13
3. JUSTIFICATIVA.....	17
4. OBJETIVOS.....	19
5. MATERIAL E MÉTODOS	
5.1. Sujeitos.....	20
5.2. Delineamento experimental.....	20
5.2.1. Avaliação antropométrica.....	22
5.2.2. Determinação da carga correspondente a 10RM.....	22
5.2.3. Determinação do número máximo de repetições com a carga de 10RM.....	23
5.2.4. Determinação da capacidade de saltos.....	23
5.2.5. Determinação do limiar anaeróbio.....	24
5.2.6. Exercícios aeróbios de carga constante.....	24
5.3 Análise Estatística.....	25
6. RESULTADOS.....	27
7. DISCUSSÃO.....	34
7.1 Efeito da cadência de pedalada no exercício incremental.....	34
7.2 Efeito da cadência de pedalada no exercício de carga constante.....	37
7.3 Efeito da cadência no número máximo de repetições no <i>leg-press</i> 45°.....	39
7.4 Efeito da cadência nos saltos.....	42
7.5 Diferenças entre os tipos de exercício de força.....	44
7.6 Aplicações práticas.....	45
8. CONCLUSÕES.....	47
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXO I – Termo de consentimento livre e esclarecido	
ANEXO II – Resultados individuais dos sujeitos	
ANEXO III – Parecer Comitê de Ética em Pesquisa	

1. INTRODUÇÃO

No ciclismo, sabe-se que a resistência mecânica e a cadência de pedalada podem ser manipuladas de forma a se manter uma mesma potência em cadências distintas, ou vice-versa. Para o desenvolvimento de uma mesma potência externa, ao se pedalar em cadências elevadas, o indivíduo realiza proporcionalmente menos força em cada pedalada. Por outro lado, para as cadências baixas, como a velocidade do movimento é menor, o indivíduo realiza mais força em cada movimento a fim de manter a dada potência requerida. Estas diferentes combinações de resistência e cadência de pedalada influenciam variáveis metabólicas (lactato sanguíneo, consumo de oxigênio – VO_2 , fluxo sanguíneo) e biomecânicas (eletromiografia - EMG, velocidade de condução do impulso nervoso - MFVC).

De acordo com alguns estudos, para uma mesma potência externa realizada, a concentração de lactato sanguíneo [lac] e a frequência cardíaca (FC) são maiores nas cadências mais altas em intensidades submáximas de exercício (abaixo do consumo máximo de oxigênio – $\text{VO}_{2\text{MAX}}$) (AHLQUIST *et al.*, 1992; CHAVARREN; CALBET, 1999; DENADAI *et al.*, 2005). DESCHENES *et al.* (2000) sugerem que para um mesmo percentual do $\text{VO}_{2\text{MAX}}$, a resposta da EMG é mais elevada nas cadências mais baixas, em função do maior nível de força realizado em cada pedalada.

Estudos que analisaram as cadências preferidas de indivíduos com diferentes níveis de condicionamento no ciclismo (HAGBERG *et al.*, 1981; TAKAISHI *et al.*, 1998; CHAVARREN; CALBET, 1999) sugerem que ciclistas altamente treinados têm preferência por cadências altas (por volta de 90-100 rev.min^{-1}), porém indivíduos não treinados preferem cadências de pedalada mais baixas (por volta de 60-70 rev.min^{-1}). Em indivíduos treinados, as cadências mais elevadas parecem proporcionar vantagens

neuromusculares e metabólicas (AHLQUIST *et al.*, 1992; TAKAISHI *et al.*, 1998; FARIA *et al.*, 2005). Apesar da maior demanda energética destas cadências, o trabalho interno, parece ser menor nos ciclistas nestas condições (WIDRICK *et al.*, 1992), o que pode explicar em parte esta preferência. No entanto, outros estudos sugerem que as altas cadências requerem um maior VO_2 para uma dada produção de potência e aumentam o trabalho interno, pois os membros inferiores têm que realizar um número maior de repetições (BONING *et al.*, 1984; COAST e WELCH, 1985; COAST *et al.*, 1986; BRISSWALTER *et al.*, 2000). No ciclismo, o trabalho interno representa a potência necessária para que os membros inferiores superem as forças da inércia e da gravidade (FERGUSON *et al.*, 2000; SJØGAARD *et al.*, 2002).

Em relação ao recrutamento das fibras musculares, AHLQUIST *et al.* (1992) verificaram que em cadências altas ($100 \text{ rev} \cdot \text{min}^{-1}$), o recrutamento de fibras tipo II é menor do que a $50 \text{ rev} \cdot \text{min}^{-1}$, para a mesma intensidade relativa ($85\% \text{VO}_{2\text{MAX}}$). FARINA *et al.* (2004) sugerem a MFVC é maior em cadências elevadas quando a força externa é a mesma, indicando um maior recrutamento das fibras do tipo II. Entretanto, quando a potência externa foi similar, não houve diferença na MFVC. Outros estudos sugerem que em altas cadências a força aplicada nos pedais e a fadiga nas fibras do tipo II são menores (LOLLGEN *et al.*, 1980; PALMER *et al.*, 1999) e o fluxo sanguíneo para as fibras do tipo I é maior (GOTSHALL *et al.*, 1996).

No entanto, apesar das cadências preferidas serem diferentes entre sedentários, ativos e ciclistas treinados, ainda não se tem um consenso sobre os fatores que podem explicar as respostas geradas pelas diferentes cadências, ou quais as vantagens as altas cadências podem proporcionar aos ciclistas treinados. Além disso, estudos têm verificado que estas diferentes combinações parecem também interferir nos mecanismos

de fadiga (TAKAISHI *et al.*, 1998; SARRE *et al.*, 2005). Dessa forma, em exercícios realizados em diferentes cadências de pedalada, as condições metabólicas e/ou neuromusculares podem estar diferentes ao fim da sessão de treinamento, o que poderia implicar em diferentes respostas em novo exercício feito após essa primeira atividade.

Em algumas modalidades esportivas, o calendário competitivo e a restrição de tempo, fazem com que os atletas tenham que treinar vários componentes (treinamento aeróbio e treinamento de força, por exemplo) do rendimento físico na mesma sessão ou período do treinamento. Da mesma forma, em indivíduos que não são atletas, porém estão engajados em um programa de atividade física com ênfase em atividades aeróbias e exercícios de força, a restrição de tempo faz com que estes indivíduos tenham que treinar estes dois tipos de treinamento na mesma sessão de treino.

Alguns estudos já investigaram o efeito do exercício aeróbio prévio em variáveis neuromusculares, entre eles: força isotônica e isocinética (LEVERITT *et al.*, 1999); força isotônica (Aoki *et al.*, 2003); e EMG (SARRE e LEPPERS, 2005). Entre os índices mais estudados, está a EMG, a qual nos provê interessantes dados para entender o possível efeito deletério do exercício aeróbio na produção de força subsequente. Nestes estudos, os autores verificaram que o efeito do exercício aeróbio no subsequente desempenho de força é dependente das características do exercício de força (i.e. isotônico, isométrico, isocinético) e do exercício aeróbio (intensidade, duração e tipo de exercício) como também se o exercício de força realizado é objetivando aumento da força máxima, aumento de massa muscular, melhora da resistência muscular ou melhora da força explosiva, os quais determinam diferentes características em termos de número de repetições, intervalo de recuperação, número de séries, intensidade e tipo de exercício. Em muitas situações, apesar dos exercícios de força analisados utilizarem

grupos musculares semelhantes, as condições de tipo, velocidade de contração e número de repetições ou duração, por exemplo, podem ser bastante diferentes, podendo ter importantes implicações no recrutamento das unidades motoras, e possivelmente, na resposta da força muscular subsequente.

Baseado nos aspectos abordados anteriormente, a respeito das diferentes condições nas quais os exercícios aeróbio e de força podem ser realizados, uma das hipóteses do presente estudo é que o exercício aeróbio realizado no ciclismo em diferentes cadências de pedalada pode determinar diferentes respostas na força muscular subsequente. Além disso, nossa segunda hipótese é que o efeito do exercício aeróbio prévio pode também ser dependente do tipo de exercício de força realizado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Efeito da cadência de pedalada em variáveis metabólicas e neuromusculares

No ciclismo realizado em bicicleta ergométrica, para um mesmo valor de trabalho externo, é possível pedalar com uma alta resistência e uma cadência de pedalada baixa ou uma baixa resistência e uma cadência de pedalada alta. Segundo alguns estudos, a cadência mais econômica, ou seja, aquela que envolve o menor custo de oxigênio está entre 50 e 60 rev.min⁻¹ em indivíduos sedentários, ativos ou treinados (BONING *et al.*, 1984; MARSH; MARTIN, 1997).

No entanto, muitos ciclistas preferem uma cadência de pedalada entre 90 e 100 rev.min⁻¹ (HAGBERG *et al.*, 1981; TAKAISHI *et al.*, 1998; FOSS; HALLÉN, 2005). Alguns estudos biomecânicos têm proposto que o torque muscular (REDFIELD; HULL, 1986) e as funções de estresse muscular (HULL *et al.*, 1988) são otimizados quando a cadência está entre 95 e 105 rev.min⁻¹. Além disso, alguns estudos mostram que a cadência mais econômica aumenta conforme aumenta a potência (BONING *et al.*, 1984; COAST; WELCH, 1985). Alguns autores têm proposto que ciclistas treinados preferem cadências mais elevadas, provavelmente por estas proporcionarem vantagens como a minimização do *stress* e da fadiga (TAKAISHI *et al.*, 1996), a menor depleção de glicogênio muscular (AHLQUIST *et al.*, 1992), a otimização da aplicação de força nos pedais (PATTERSON; MORENO, 1990), o aumento do fluxo sanguíneo por uma ação aumentada da bomba muscular (TAKAISHI *et al.*, 2002) e o menor trabalho interno (WIDRICK *et al.*, 1992). No entanto, ainda não se tem um consenso sobre os fatores que contribuem para as diferenças nas respostas encontradas nas diferentes cadências de pedalada, e as vantagens que as cadências maiores proporcionariam.

Segundo alguns estudos, a diminuição da eficiência bruta (trabalho externo/gasto energético x 100) e da eficiência líquida (trabalho externo/gasto na carga - gasto em repouso) x 100) em cadências maiores é explicado pelo maior atrito muscular e o recrutamento da musculatura que estabiliza o tronco (BONING *et al.*, 1984) e o recrutamento adicional de fibras tipo II (COYLE *et al.*, 1992).

Os estudos que investigaram variáveis metabólicas utilizaram o trabalho externo como variável independente, porém há um trabalho interno, que representa a energia gasta nas acelerações positivas e negativas dos membros (WIDRICK *et al.*, 1992), e que geralmente não é considerado. Quando este aspecto é levado em consideração, melhor calcula-se a eficiência mecânica em diferentes cadências, que considera o trabalho mecânico e o gasto energético. Quando ela é levada em consideração, a melhor cadência fica em torno de 92 e 101 rev.min⁻¹ em indivíduos treinados no ciclismo (WIDRICK *et al.*, 1992). ZOLADZ *et al.* (2002) verificaram que, para a mesma potência absoluta, há uma maior perda de potássio pelos músculos ativos na cadência de 120 rev.min⁻¹, comparada com a cadência de 60 rev.min⁻¹. Segundo ZOLADZ *et al.* (2000; 2002), esta maior perda de potássio na maior cadência pode contribuir para um custo metabólico mais elevado e uma fadiga mais precoce (para a mesma potência absoluta) do que na cadência menor.

Em relação a algumas variáveis cardiorespiratórias, a cadência parece não influenciar a relação frequência cardíaca (FC) e consumo de oxigênio (VO₂) (CHAVARREN; CALBET, 1999). Ou seja, para um mesmo valor de FC, teríamos um VO₂ similar, independentemente da cadência escolhida. WOOLFORD *et al.* (1999) verificaram maiores valores de [lac] e FC em cargas maiores do que 175 W nas cadências entre 120 e 130 rev.min⁻¹ comparado com cadências entre 90 e 100 rev.min⁻¹,

aumento este que, segundo o autor, pode estar relacionado ao aumento da ação da bomba muscular (HUGHES *et al.*, 1982) e/ou recrutamento de fibras rápidas (SUZUKI *et al.*, 1979). Em um recente estudo realizado em nosso laboratório, as cargas correspondentes ao limiar anaeróbio (LAn) (3,5 mM de lactato sanguíneo) e a carga máxima atingida em um teste incremental foram maiores a 50 rev.min⁻¹ do que a 100 rev.min⁻¹. Neste estudo, não houve influência da cadência na relação entre o lactato sanguíneo e a frequência cardíaca em indivíduos ativos. Da mesma forma, a frequência cardíaca máxima (FC_{MAX}) e a frequência cardíaca na máxima fase estável de lactato sanguíneo (FC_{MSSL}) foram similares entre as duas cadências analisadas (50 e 100 rev.min⁻¹) (DENADAI *et al.*, 2006).

Em um outro interessante estudo, DESCHENES *et al.* (2000) compararam, em indivíduos ativos, um exercício de 30 minutos de duração na intensidade de 50-55% do VO_{2MAX} nas cadências de 40 e 80 rev.min⁻¹, utilizando-se de várias variáveis fisiológicas (i.e. temperatura, pressão arterial (PA) média, FC, glicemia, lactacidemia, cortisol, insulina, percepção de esforço-RPE) e também da EMG. Compararam também a recuperação após o exercício em dois momentos, no 5^o e 15^o minutos após o término da sessão. A RPE foi maior no minuto final de exercício na cadência menor, provavelmente por fatores cardiovasculares (maior FC no mesmo momento do exercício). A recuperação da PA foi mais lenta a 40 rev.min⁻¹ do que a 80 rev.min⁻¹. A [lac] foi diferente apenas na recuperação, a qual foi mais lenta na cadência de 40 rev.min⁻¹. O cortisol foi o parâmetro analisado que mais se alterou com a mudança na cadência de pedalada, assim como a EMG, que indicou maior ativação muscular durante todo o teste na cadência de 40 rev.min⁻¹. Entretanto, o cortisol não sofreu alterações na cadência de 80 rev.min⁻¹. Esses fatores somados indicam um maior nível de estresse no

organismo na cadência de 40 rev.min⁻¹ durante o exercício e na recuperação pós-exercício.

Alguns estudos sugerem que o recrutamento de fibras pode ser diferente quando analisado em diferentes cadências. AHLQUIST *et al.* (1992) verificaram que, para indivíduos treinados (ciclistas e corredores), na cadência de 100 rev.min⁻¹ o recrutamento de fibras do tipo II foi menor do que a 50 rev.min⁻¹, para a mesma intensidade relativa (85% do VO_{2MAX}). Neste estudo, os autores sugerem que a velocidade de contração muscular a 100 rev.min⁻¹ não é alta o suficiente para que haja um maior recrutamento das fibras do tipo II, pois a velocidade ótima de contração das fibras do tipo I (1/3 da velocidade máxima de contração) fica por volta de 90 rev.min⁻¹. Portanto, o nível de tensão muscular realizado em cada pedalada parece determinar um maior recrutamento das fibras do tipo II do que a velocidade de movimento, para as cadências entre 50 e 100 rev.min⁻¹.

Segundo PATTERSON e MORENO (1990), nas menores cadências (50, 60 e 70 rev.min⁻¹) o nível de força gerado para produzir a mesma potência é maior do que a 100 rev.min⁻¹. Os autores sugerem que, apesar de menos econômicas, as maiores cadências geram uma menor fadiga periférica. TAKAISHI *et al.* (1996) verificaram em ciclistas um menor nível de fadiga muscular (eletromiográfica) a 80 e 90 rev.min⁻¹ comparado a 50, 60 e 70 rev.min⁻¹, para um mesmo gasto energético. Os autores sugerem que a preferência por uma cadência maior nestes atletas é por esta estar associada a uma menor fadiga neuromuscular. O mesmo grupo de autores propõe que as cadências maiores previnem a fadiga muscular por diminuição da pressão intramuscular devido ao menor nível de tensão muscular gerado e, conseqüentemente, ao maior fluxo sanguíneo devido à diminuição da pressão intramuscular juntamente com uma ação aumentada da

bomba muscular (TAKAISHI *et al.*, 1998). Além disso, os ciclistas conseguem utilizar mais os flexores do joelho, o que diminui a ação dos extensores da perna oposta (mensurados através da EMG), diminuindo a aplicação de força descendente no pedal, aumentando o recrutamento de fibras do tipo I devido a uma menor ativação neuromuscular (eletromiográfica), que são mais resistentes à fadiga e possuem uma maior eficiência mecânica (TAKAISHI *et al.*, 1998).

SARRE *et al.* (2005) analisaram ciclistas recreacionais durante um exercício prolongado (1 hora) a 65% da potência máxima (P_{MAX}). Neste estudo, os autores verificaram que a cadência altera a atividade neuromuscular (EMG e frequência mediana). Além disso, os autores verificaram que o padrão mecânico da pedalada é alterado pela cadência, porém não é modificado em cada condição durante a execução do exercício, quando este tem duração de 30 a 60 min.

FARINA *et al.* (2004) analisaram a MFVC em 15 ciclos de pedalada nas cadências de 45, 60, 90 e 120 $\text{rev} \cdot \text{min}^{-1}$ em duas intensidades, 50% e 100% do limiar de lactato, e não encontraram influência da cadência de pedalada na MFVC quando a potência externa foi a mesma, tanto a 50% quanto a 100% do limiar.

Como os fatores que explicam a influência do exercício aeróbio prévio na força muscular subsequente podem estar associados ao nível e ao tipo de fadiga muscular, a diferença no recrutamento de fibras entre cadências maiores e menores, em um exercício realizado na mesma intensidade pode ter implicações diferentes na força muscular. Além disso, como a força muscular pode ser analisada de diferentes formas (isotônica, isométrica, isocinética), com diferentes associações de volume (duração e/ou número de repetições e séries) e intensidade (carga, velocidade de contração), mesmo

que os exercícios aeróbio e de força envolvam grupos musculares similares, as respostas na força subsequente podem ser específicas.

2.2. Efeitos crônicos do treinamento concorrente aeróbio e de força

Algumas modalidades esportivas exigem que o atleta tenha um bom nível de condicionamento em diversas capacidades físicas. Em função do calendário competitivo e da restrição de tempo, estes atletas têm que treinar vários componentes do condicionamento físico em uma única sessão ou fase do treinamento. Estes aspectos podem dificultar bastante em alguns casos, a prescrição adequada do treinamento e conseqüentemente a melhora do rendimento do atleta. A força muscular e a resistência aeróbia são essenciais em diversas modalidades esportivas, sejam elas coletivas (futebol, basquetebol, handebol) ou individuais (corrida, ciclismo, natação, remo, tênis). Porém, pode haver uma interferência nas adaptações quando estes dois tipos de treinamento são realizados de forma concorrente (EDMAN, 1992; HENNESSEY; WATSON, 1994).

Em indivíduos que são sedentários, ativos ou até treinados, mas não atletas, que participam de programas de atividades físicas com diferentes objetivos (melhora do condicionamento físico, mudança na composição corporal), muitas vezes, em função da restrição de tempo e de disponibilidade, estes têm que treinar diferentes componentes do rendimento físico em uma única sessão. Apesar de não visarem a melhora do rendimento esportivo, a combinação de diferentes tipos de treinamento pode também proporcionar uma interferência nas adaptações (HICKSON, 1980). A interferência principal é do treinamento aeróbio nos ganhos de força, que podem ser menores quando comparados ao treino de força isolado (DOCHERTY e SPORER, 2000). Portanto,

apesar de terem muitos benefícios e serem utilizados para emagrecimento, melhora na qualidade de vida e do condicionamento físico, estes dois tipos de treinamento devem ser elaborados de forma a minimizar possíveis influências nas adaptações.

Os exercícios aeróbios e de força podem gerar diferentes respostas e demandas de adaptações. Segundo DOCHERTY e SPORER (2000), quando o treinamento aeróbio é de intensidade moderada e feito de forma contínua, as respostas serão mais em nível central (sistema cardiovascular). No entanto, quando este é realizado com intensidade elevada (acima de 90%VO_{2MAX}), as respostas tendem a ser mais periféricas (enzimas aeróbias, mitocôndrias, densidade capilar). Em relação ao treinamento de força, quando este é realizado com alta intensidade e volume baixo (5-6 RM), as respostas tendem a ser mais centrais (neurais), ao passo que com intensidade e volume moderados (8-12 RM) e intensidade baixa e volume elevado (15-20 RM), as respostas tendem a ser mais periféricas (enzimas, densidade mitocondrial, miofibrilas, fluxo de sangue).

Segundo a hipótese crônica proposta por LEVERITT *et al.* (1999), o comprometimento na melhora da força ocorre porque o organismo não consegue promover as adaptações metabólicas e morfológicas que a combinação destes dois tipos de treinamento provocam. No entanto, comparado com o treinamento de força feito de forma isolada, o treinamento concorrente parece não alterar a seqüência das adaptações neuromusculares decorrentes aos ganhos em força, ocorrendo sim um tempo maior para que essas adaptações ocorram. Porém, o efeito na hipertrofia muscular ainda não é claro. Diferenças no padrão de hipertrofia dos tipos de fibras são evidentes após o treinamento concorrente. Entretanto, isto parece não ser associado com qualquer inibição no desenvolvimento da força observado após esse tipo de treinamento.

O efeito do treinamento concorrente parece depender do tipo de força e da velocidade de contração analisados. Muitos estudos de treinamento concorrente que utilizaram-se da força isotônica (exercícios na musculação, saltos) encontraram interferência no desenvolvimento desta variável, enquanto muitos estudos que utilizaram-se da força isocinética não encontraram interferência (LEVERITT; ABERNETHY, 1999). Porém, em um estudo realizado por Dudley e Djamil (1985), os autores verificaram que a melhora da força foi influenciada somente em velocidades altas de contração em um aparelho isocinético. Em um interessante estudo, ABERNETHY e JURIMAE (1996) verificaram que as respostas na força muscular após 12 semanas de treinamento foram diferentes quando esta variável foi analisada de forma isotônica, isométrica ou isocinética. A magnitude dos ganhos foram maiores no isotônico, seguidos do isométrico e por último o isocinético. Ou seja, a força isotônica demonstrou ser mais sensível em detectar evolução ao treinamento. O tempo que levou para essas adaptações ocorrerem foi mais curto no isotônico, seguido do isométrico, tendo novamente por último o isocinético. Estes dados sugerem que a forma na qual a força é analisada pode interferir nos resultados.

Alguns estudos verificaram que o desenvolvimento da força é menor quando o treinamento (aeróbico e força) é realizado no mesmo dia quando comparado ao treinamento feito em dias alternados (CRAIG *et al.*, 1991; SALE *et al.*, 1990). NELSON *et al.* (1990) mostraram que o desenvolvimento da força não foi afetado quando a sessão de treinamento de força foi executada antes da sessão de exercício aeróbico. Entretanto, quando a ordem foi invertida, ou seja, o exercício aeróbico precedendo o de força, o desenvolvimento da força foi comprometido (CRAIG *et al.*, 1991).

Portanto, as características da população estudada, o protocolo de treinamento e a forma de análise da força muscular podem determinar diferentes comportamentos desta variável após o treinamento realizado de forma isolada ou concorrente.

2.3. Efeitos agudos do treinamento concorrente aeróbio e de força

Os efeitos agudos do treinamento aeróbio feito de forma concorrente ao treinamento de força ainda são muito pouco conhecidos. Sabe-se, como mencionado anteriormente, que o treinamento concorrente pode proporcionar menores ganhos de força, quando comparado ao treinamento de força realizado isoladamente (DUDLEY; DJAMIL, 1985), ou mesmo não ter influência (ABERNETHY; QUIGLEY, 1993). No entanto, ainda há algumas controvérsias sobre o grau de influência do treinamento aeróbio no desenvolvimento da força, em função da variação nos protocolos de treinamento aeróbio e de força utilizados (volume, intensidade, duração), das características da população estudada (sedentários, ativos e treinados) e no tipo e forma da força analisada (isométrica, isotônica e isocinética).

Alguns estudos sugerem que a realização do exercício aeróbio previamente ao de força pode comprometer o volume do treino de força subsequente em função da fadiga muscular (CRAIG *et al.*, 1991; LEVERITT *et al.*, 1999). Cabe ressaltar que o volume é um componente importante da intensidade do treinamento de força para que as adaptações ocorram (LEVERITT *et al.*, 1999). SARRE *et al.* (2005) encontraram redução da força isométrica máxima após exercício prolongado (1 hora) a 65% P_{MAX} com ciclistas recreacionais. Entretanto, a cadência de pedalada (50, 110 $rev.min^{-1}$ e livremente escolhida) não influenciou significativamente a fadiga neuromuscular, mostrando apenas uma tendência ($p = 0,15$) dos extensores do joelho a ter maior queda

na força subsequente com o aumento da cadência. Neste estudo, também não houve efeito da cadência no local da fadiga (central ou periférico), analisado através da EMG e estimulação elétrica.

Estudos mostraram que o exercício aeróbio com intensidade alta (90-100% VO_{2MAX}) ou moderada (60-70% VO_{2MAX}) feito com durações diferentes, pode interferir no rendimento da força muscular subsequente. SPORER e WENGER (2003) verificaram que o exercício aeróbio feito de forma intervalada e com alta intensidade (6 x 3 min a 95-100% P_{MAX}) ou de forma contínua e com intensidade moderada (36 min a 70% P_{MAX}), porém com o mesmo trabalho total, geraram uma redução similar no número de repetições máximas feitas em 4 séries a 75% 1RM de forma isotônica. Quando os dois grupos foram colocados juntos, a redução percentual no número máximo de repetições atingido nas quatro séries realizado foi de 25% após 4 horas e 9% após 8 horas da realização da sessão de treino aeróbio. Abernethy (1993) verificou que um exercício contínuo de 150 min a 35% VO_{2MAX} ou um exercício intermitente feito com 5 repetições de 5 min a 100% VO_{2MAX} , reduziram de forma semelhante a força isocinética. Portanto, apesar de possíveis diferenças metabólicas e de recrutamento de fibras, as características do exercício aeróbio parecem não influenciar a força muscular. Além disso, os estudos sugerem que os dois tipos de treinamento sejam feitos em dias alternados ou, quando feitos na mesma sessão, que o treinamento de força seja realizado previamente. (NELSON *et al.*, 1990, CRAIG *et al.*, 1991, BELL *et al.*, 1998).

Entre os possíveis mecanismos que podem explicar a fadiga muscular causada pelo treinamento aeróbio prévio estão o aumento de íons hidrogênio, o acúmulo de lactato sanguíneo, a depleção de substratos (glicogênio), a hipoglicemia, a redução do *input* neural (impulsos elétricos) e os danos estruturais nas fibras musculares (EDMAN,

1992; GREEN, 1990; LEVERITT *et al.*, 2000). No entanto, AOKI *et al.* (2003) não verificaram efeito da suplementação de carboidratos antes e durante o exercício aeróbio, no grau de redução do rendimento da força isotônica subsequente, analisada através de 3 séries de repetições máximas a 70% 1RM com 90 s de intervalo entre as séries. Não houve influência do exercício aeróbio prévio e/ou da suplementação de carboidratos no desempenho de 1RM. Os autores sugerem que a interferência do exercício aeróbio pode ocorrer através da modificação do padrão de recrutamento muscular de forma aguda, e da atenuação da hipertrofia muscular de forma crônica. Em relação ao acúmulo de lactato sanguíneo, este também parece não ser um fator determinante da diminuição da força após uma sessão de exercício aeróbio, pois SPORER e WENGER (2003) verificaram que a força não é completamente restaurada oito horas após o exercício aeróbio, afastando então essa hipótese, já que a [lac] havia retornado aos valores basais após este período.

A força expressa através da altura de salto também pode ser influenciada pelo exercício aeróbio prévio, e este efeito pode ocorrer devido à redução na capacidade do sistema neuromuscular de rapidamente gerar força. Esta diminuição pode estar associada a fatores centrais (atividade eletromiográfica diminuída) e/ou a fatores periféricos (diminuição da força mesmo após eletroestimulação em diferentes frequências) (LEVERITT *et al.*, 1999; SARRE *et al.*, 2005).

A interferência do exercício aeróbio na força muscular subsequente pode ser diferente dependendo do tipo de força analisado. LEVERITT e ABERNETHY (1999) verificaram redução na força medida de forma isotônica e isocinética. Entretanto, a redução na força isocinética foi mínima após o exercício aeróbio intermitente (entre 60 e 100%VO_{2MAX}).

Portanto, ainda não são bem estabelecidos, quais os mecanismos que proporcionam a diminuição da força após uma sessão de exercício aeróbio e/ou treinamento concorrente. Como os exercícios resistidos podem ser diferentes em termos de intensidade, volume e velocidade de contração, os fatores que mais influenciam a força exercida nestes exercícios podem ter diferentes naturezas (metabólicas ou neuromusculares). Da mesma forma, a influência do exercício aeróbio pode ser diferente dependendo do tipo de força e da velocidade do movimento analisada. Neste cenário, pode ser interessante utilizar exercícios que exijam ativações neuromusculares diferentes (velocidade de contração, duração das fases concêntrica e excêntrica), o que pode ajudar a entender melhor os mecanismos que atuam na diminuição da produção de força nestes casos.

3. JUSTIFICATIVA

A utilização do treinamento aeróbio e de força realizados de forma concorrente pode ser feita de forma a otimizar os efeitos dos dois tipos de treinamento, sem comprometimentos das adaptações provocadas particularmente pelo treinamento de força. Atualmente, em algumas modalidades esportivas, a demanda competitiva elevada e/ou a restrição de tempo dificultam bastante a prescrição adequada do treinamento, que promoveria a otimização das adaptações. Em programas de atividade física realizados em academias, particularmente nas aulas de ciclismo *indoor*, a intensidade de exercício é constantemente alterada pela cadência de pedalada em conjunto com a frenagem mecânica e grande parte dos indivíduos que freqüentam essas aulas também executa um programa de exercícios de força. Porém, em muitos casos, a restrição de tempo dos indivíduos pode dificultar a execução adequada deste treinamento concorrente.

Quando realizado na mesma sessão, o exercício aeróbio realizado previamente pode comprometer o volume do treinamento de força e, conseqüentemente, suas adaptações. Uma das hipóteses para explicar esta influencia negativa é a depleção de glicogênio muscular determinada pelo exercício aeróbio. Sabe-se que, no cicloergômetro, a cadência de pedalada pode provocar diferentes respostas em variáveis metabólicas, biomecânicas e neuromusculares, podendo influenciar particularmente no tipo de fibra muscular preferencialmente recrutado.

No entanto, não há estudos na literatura que investigaram a influência do exercício aeróbio prévio realizado em diferentes cadências no exercício de força feito de forma isotônica. Deste modo, este estudo pode contribuir para um melhor entendimento do efeito negativo do exercício aeróbio sobre o desenvolvimento da força, quando esta é analisada após uma sessão de exercício aeróbio. Além disso, pode contribuir também

para a melhor elaboração dos protocolos de treinamento concorrente (aeróbio + força), presente em muitos programas de condicionamento físico.

4. OBJETIVOS

Gerais

- Analisar o efeito do exercício aeróbio realizado no ciclismo sobre a força muscular subsequente;
- Verificar se o efeito do exercício aeróbio prévio é dependente do tipo de exercício de força realizado.

Específicos

- Analisar o efeito da cadência de pedalada (50 rev.min^{-1} e 100 rev.min^{-1}) no número máximo de repetições no *leg press* 45° com a carga correspondente a 10 RM;
- o efeito da cadência de pedalada (50 rev.min^{-1} e 100 rev.min^{-1}) na altura média de saltos;
- Correlacionar a força isotônica (10 RM e altura média de saltos) com a resposta da força subsequente após o exercício aeróbio realizado nas cadências de 50 e 100 rev.min^{-1} ;
- Correlacionar a capacidade aeróbia (LAn) com a resposta da força subsequente após o exercício aeróbio realizado nas cadências de 50 e 100 rev.min^{-1} ;

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Sujeitos

Doze voluntários fisicamente ativos, homens, com experiência prévia em treinamento resistido de pelo menos três meses participaram desse estudo. Eles foram informados textual e verbalmente sobre os objetivos deste estudo, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (ver Anexo I), sendo permitida a desistência da participação no estudo a qualquer momento. Para cada sujeito os testes foram conduzidos no mesmo horário e em dias separados, com no mínimo duas horas após uma refeição leve. O intervalo entre cada sessão de testes incrementais e controle foram, no mínimo, 48 horas e, nas condições experimentais, 72 horas. Os sujeitos foram instruídos para não realizarem exercícios exaustivos e de força (para membros inferiores) no dia anterior aos testes e a comparecerem alimentados e hidratados no dia do teste. Este projeto (Protocolo nº 1245/2005) foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade.

5.2. Delineamento experimental

Os indivíduos inicialmente realizaram dois testes incrementais (50 rev.min⁻¹ e 100 rev.min⁻¹) para determinação da carga correspondente ao LAn (3,5mM de lactato sangüíneo). Em seguida, realizaram um teste no aparelho *leg-press* 45° para determinar a maior carga correspondente a 10 repetições máximas (10RM). Determinados o LAn específico a cada cadência e a carga de 10 RM, os sujeitos executaram, em ordem alternada, as condições *leg-press* controle (LC), *leg-press* experimental 50 rev.min⁻¹ (L50), *leg-press* experimental 100 rev.min⁻¹ (L100), salto controle (SC), salto experimental 50 rev.min⁻¹ (S50) e salto experimental 100 rev.min⁻¹ (S100). Na condição

LC foram realizadas 3 séries de repetições máximas no *leg-press* 45° com a carga correspondente a 10 repetições máximas. Na condição SC foram realizadas 3 séries máximas de 10 saltos (Figura 1).

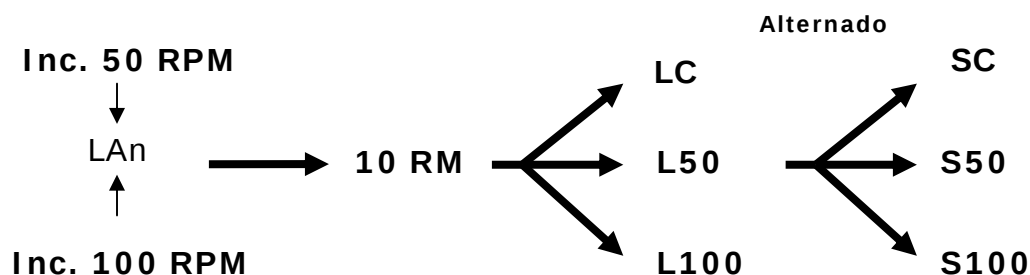


Figura 1. Representação do delineamento experimental.

Nas condições experimentais (L50, L100, S50 e S100), estas mesmas condições foram realizadas após um exercício de 30 min de duração na intensidade correspondente ao LAn. O intervalo entre o exercício aeróbio e o de força, e entre as séries de força, foi de 3 minutos (Figura 2) e, nesse período, os indivíduos foram instruídos a permanecerem sentados. Foi permitida a ingestão de água *ad libitum* durante todo o período dos testes e a temperatura ambiente foi mantida constante em 21°C.

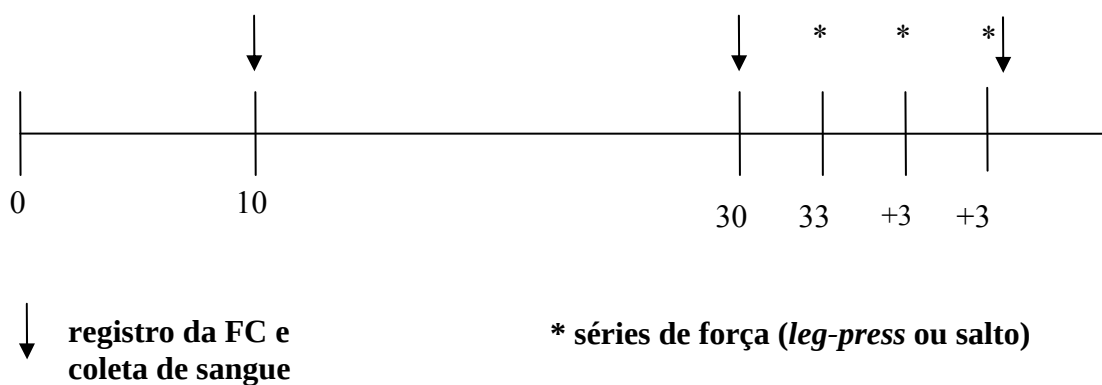


Figura 2. Fluxograma das condições experimentais (L50, L100, S50 e S100).

5.2.1. Avaliação antropométrica

Foram mensuradas as variáveis antropométricas massa corporal (kg) e estatura (cm), através de uma balança Filizola. Para a medida da espessura das dobras cutâneas nas regiões tricipital, suprailíaca e abdominal, foi utilizado um compasso Cescorf, com precisão de 0,1 mm (Cescorf, Porto Alegre, Brasil). Para a predição dos valores de densidade e percentual de gordura corporais foram utilizadas as fórmulas propostas por GUEDES e GUEDES (1998) e SIRI (1961), respectivamente.

5.2.2. Determinação da carga correspondente a 10 RM

Os sujeitos inicialmente executaram um aquecimento composto de alongamentos de 10 s, para quadríceps e posteriores de coxa, um exercício por grupo muscular, para que o alongamento não influenciasse negativamente o rendimento da força (RUBINI *et al.*, 2007). Na sequência foram executadas as tentativas com a carga inicial estimada pela experiência prévia do indivíduo, sendo o intervalo entre cada tentativa de pelo menos 12 horas. Quando o indivíduo conseguiu realizar um número maior do que 10 repetições, a carga foi incrementada em 10 kg. Da mesma forma, quando o indivíduo realizou um número menor do que 10 repetições, a carga foi reduzida em 10 kg. Depois de determinada a carga de 10 RM, foi dado um intervalo de 48 horas e a última carga, a qual o indivíduo foi incapaz de executar 10 repetições, foi novamente testada. Foi utilizada uma marcação com fita adesiva no aparelho para demarcar a angulação de 90° de flexão do joelho, que deveria ser atingida na fase excêntrica do movimento. A angulação foi marcada através de um goniômetro (Lafayette Instruments, Lafayette, IN, U.S.A.). O sujeito foi instruído a atingir essa marcação para que a tentativa tenha sido considerada válida. Foi considerada como

sendo a carga correspondente a 10 RM a carga em que o indivíduo pôde executar 10 repetições completas. Foi escolhido o aparelho *leg-press* 45° por propiciar grande segurança na execução das cargas elevadas utilizadas neste estudo, e também por ser bastante utilizado nos protocolos descritos na literatura.

5.2.3. Determinação do número máximo de repetições com a carga de 10 RM

Os sujeitos realizaram três séries com a carga de 10 RM até a exaustão, com 3 minutos de recuperação entre cada série (MATUSZAK *et al.*, 2003). A velocidade de movimento foi controlada através de um metrônomo, para que o ritmo das repetições fosse mantido constante em 1 s para a fase concêntrica e 1 s para a fase excêntrica. Para cada condição (LC, L50 e L100) foi determinado o número máximo de repetições obtido em cada uma das 3 séries. O critério de exaustão foi a execução incompleta do movimento ou exaustão voluntária do participante.

5.2.4. Determinação da capacidade de saltos

A capacidade de saltos com contramovimento foi medida através de uma plataforma eletrônica do tipo *jump-test* (Belo Horizonte, Brasil), a qual determina a altura de cada salto. Os indivíduos realizaram três séries de 10 saltos máximos realizados a cada 2 s, controlada por um metrônomo, com 3 min de recuperação entre cada série. Para cada condição (SC, S50 e S100) foi determinada a altura média de salto obtida em cada uma das três séries.

5.2.5. Determinação do limiar anaeróbio

Foram feitos dois testes incrementais com as cadências de pedalada de 50 rev.min⁻¹ e 100 rev.min⁻¹ em um cicloergômetro de frenagem mecânica (BIOTEC 2300, CEFISE, Nova Odessa, Brasil). Os testes iniciaram com carga de 75 W e incrementos de 25 W a cada três minutos até a exaustão voluntária. Foi utilizado um ventilador para reduzir o estresse térmico. A FC (Polar Vantage NV, Polar Electro Fitness Technology, Kempele, Finland) foi anotada no final de cada carga. As amostras de 25 µl de sangue capilar foram coletadas do lóbulo da orelha nos 20 s finais de cada estágio e foram acondicionadas em tubos Eppendorf contendo 50 µl NaF (1%), para posterior análise eletroquímica do lactato sanguíneo (YSI 2300 STAT, Yellow Springs, Ohio, E.U.A.). A intensidade e a FC correspondentes ao LAn foram determinadas por interpolação linear da potência e da FC com a [lac], respectivamente. O LAn foi considerado como sendo a intensidade ou FC correspondentes a 3,5 mM de lactato sanguíneo (DENADAI *et al.*, 2004).

5.2.6. Exercícios aeróbios de carga constante

Os indivíduos realizaram nas condições L50 e S50, uma sessão de 30 minutos de exercício com a rotação mantida constante a 50 rev.min⁻¹ e na carga do LAn determinado a 50 rev.min⁻¹. Da mesma forma, nas situações L100 e S100, os indivíduos realizaram uma sessão de 30 minutos de exercício com a rotação mantida constante a 100 rev.min⁻¹ e na carga do LAn determinado a 100 rev.min⁻¹. A FC foi coletada no décimo e no trigésimo minutos do exercício aeróbio e após as três séries de força. Nos mesmos instantes, as amostras de 25 µl de sangue arterializado foram coletadas do lóbulo da orelha para análise da [lac].

Como estudos na literatura sugerem que não há influência da cadência de pedalada sobre a relação FC e lactato sanguíneo (DENADAI *et al.*, 2006), lactato e VO_2 (CHAVARREN; CALBET, 1999), e os valores de FC_{MAX} e VO_{2MAX} também são similares em diferentes cadências (CHAVARREN; CALBET, 1999), assumimos que o estresse metabólico, cardiovascular e o gasto energético durante o exercício aeróbio foi similar entre as condições.

5.3. Análise Estatística

Foram calculadas as médias $\pm$ DP dos dados obtidos. Foi verificada a normalidade dos dados através do teste de *Shapiro-wilk*. O efeito da cadência ($C \times 50 \text{ rev.min}^{-1} \times 100 \text{ rev.min}^{-1}$) no número total de repetições nas condições LC, L50 e L100, e na altura média de salto nas três séries das condições C, S50 S100 foi analisado pela *ANOVA ONE-WAY*, complementada pelo teste de Tukey. O efeito da cadência ($C \times 50 \text{ rev.min}^{-1} \times 100 \text{ rev.min}^{-1}$) e das séries (primeira $\times$ segunda $\times$ terceira) no número máximo de repetições (LC) e na altura média de salto (SC), foi analisado pela *ANOVA TWO-WAY* para medidas repetidas, complementada pelo teste *post-hoc* de Tukey. A análise da influência (variação percentual) do exercício aeróbio realizado nas diferentes cadências nos diferentes tipos de exercício de força (número máximo de repetições e altura média de salto) foi realizada pelo teste *U* de Mann-Whitney. Os valores de Pmax, LAn, [lac] e FC nas duas cadências de pedalada foram comparados pelo teste *t*-student para amostras dependentes. Os valores de LAn relativos à Pmax e à FCmax nas duas cadências de pedalada foram comparados pelo teste de Wilcoxon. A correlação do número máximo de repetições e da altura média de saltos com o percentual de variação da força muscular no *leg-press* 45° e na plataforma de saltos foi feita através do teste de

correlação de *Spearman*. A correlação do LAn obtido nas cadências de 50 e 100 rev.min⁻¹ com o percentual de variação da força muscular no *leg press* 45° e na plataforma de saltos foi feita através do teste de correlação de *Spearman*. A comparação das quedas percentuais nos diferentes tipos de exercício de força foi feita através do teste de Wilcoxon. O nível de significância adotado em todos os testes foi de $p \leq 0,05$.

6. RESULTADOS

As características etárias e antropométricas dos sujeitos estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características etárias e antropométricas dos sujeitos. N = 12

	Idade	Massa Corporal	Estatura	Percentual de gordura
	(anos)	(kg)	(cm)	(%G)
Média	23	77,8	179,3	14,34
DP	3,7	8,9	4,0	2,99

A Tabela 2 apresenta os valores médios $\pm$ DP da potência máxima (P_{MAX}), frequência cardíaca máxima (FC_{MAX}), concentração de lactato sanguíneo máxima ($[lac]_{MAX}$), P_{LAN} em valores absoluto (W) e relativo à potência máxima ($\%P_{MAX}$) e da FC correspondente ao LAN (FC_{LAN}) em valores absoluto (bpm) e relativo à FC_{MAX} ($\%FC_{MAX}$) obtidos no teste incremental nas cadências de 50 e 100 rev.min⁻¹. Não houve diferença significativa na P_{MAX} e na FC_{MAX} . ($p > 0,05$). Entretanto, a $[lac]_{MAX}$ foi significativamente maior na cadência de 100 rev.min⁻¹ em relação à cadência de 50 rev.min⁻¹ ($p < 0,05$). A P_{LAN} em valores absoluto (16%) e relativo (14%) determinado na cadência de 100 rev.min⁻¹ foi significativamente menor do que a 50 rev.min⁻¹ ($p < 0,05$). Da mesma forma, a FC_{LAN} em valores absoluto (6%) e relativo (6%) determinada na cadência de 100 rev.min⁻¹ foi significativamente menor do que a 50 rev.min⁻¹ ($p < 0,05$).

Tabela 2. Valores médios $\pm$ DP da intensidade máxima (P_{MAX}), frequência cardíaca máxima (FC_{MAX}) e concentração de lactato sanguíneo máxima ($[lac]_{MAX}$), P_{LAn} em valores absoluto (W) e relativo à potência máxima ($\%P_{MAX}$) e da FC correspondente ao LAn (FC_{LAn}) em valores absoluto (bpm) e relativo à FC_{MAX} ($\%FC_{MAX}$) obtidos no teste incremental nas cadências de 50 e 100 rev.min⁻¹. N = 12

	50 rev.min ⁻¹	100 rev.min ⁻¹
P_{MAX} (W)	243 $\pm$ 34	238 $\pm$ 36
FC_{MAX} (bpm)	180 $\pm$ 6	181 $\pm$ 8
$[lac]_{MAX}$ (mM)	7,35 $\pm$ 1,79	8,96 $\pm$ 3,04*
P_{LAn} (W)	201 $\pm$ 43	171 $\pm$ 41*
$\%P_{MAX}$	82,20 $\pm$ 8,30	71,29 $\pm$ 11,21*
FC_{LAn} (bpm)	163 $\pm$ 12	154 $\pm$ 10*
$\%FC_{MAX}$	90,46 $\pm$ 5,75	85,97 $\pm$ 6,88*

* p < 0,05 em relação a 50 rev.min⁻¹

A Tabela 3 apresenta os valores médios $\pm$ DP da $[lac]$ e FC obtidos no 10^o e 30^o min do exercício aeróbio que precedeu as séries de repetições máximas (L) ou de saltos (S), nas cadências de 50 e 100 rev.min⁻¹. A $[lac]$ no 10^o minuto do exercício aeróbio antecedente ao *leg-press* 45° foi maior a 100 rev.min⁻¹ em relação a 50 rev.min⁻¹ (p > 0,05). Entretanto, no 30^o min, os valores foram similares entre as diferentes cadências (p > 0,05).

Tabela 3. Valores médios $\pm$ DP da resposta de lactato sanguíneo ([lac]) (mM) e frequência cardíaca (FC) (bpm) obtidos no 10^o e 30^o min do exercício aeróbio que precedeu as séries de repetições máximas (L) ou de saltos (S), nas cadências de 50 e 100 rev.min⁻¹. N = 12

	50 rev.min ⁻¹		100 rev.min ⁻¹	
<i>Leg-press</i> 45°	10 ^o min	30 ^o min	10 ^o min	30 ^o min
N = 12				
[lac] (mM)	3,84 $\pm$ 0,98	4,09 $\pm$ 1,27	4,57 $\pm$ 0,83*	4,46 $\pm$ 1,04
FC (bpm)	156 $\pm$ 8	165 $\pm$ 7	161 $\pm$ 11	171 $\pm$ 11
Saltos				
N = 10				
[lac] (mM)	4,28 $\pm$ 1,51	4,60 $\pm$ 2,08	4,63 $\pm$ 1,11	4,70 $\pm$ 1,59
FC (bpm)	161 $\pm$ 10	168 $\pm$ 11	159 $\pm$ 12	167 $\pm$ 11

* p < 0,05 em relação a 50 rev.min⁻¹

O número máximo de repetições executados no aparelho *leg-press* 45° nas condições controle (LC), experimental a 50 rev.min⁻¹ (L50) e experimental a 100 rev.min⁻¹ (L100) estão descritos na Figura 3. Na primeira série houve diferença significativa entre as condições LC e L50, e entre as condições LC e L100 (p < 0,05). Já na segunda série não houve diferença significativa entre as condições (p > 0,05). Na terceira série houve diferença significativa apenas entre as condições LC e L100 (p < 0,05). No número total de repetições houve uma queda de 23,3% na condição L100 (30 para 23 repetições) e de 6,7% na condição L50 (30 para 28 repetições), entretanto a diferença na condição L50 não foi significativa (p > 0,05). Podemos notar que, se analisarmos somente o número total nas três séries do *leg-press*, omite-se um efeito negativo do exercício aeróbio feito a 50 rev.min⁻¹ na força muscular subsequente, pois

quando analisado separadamente por cada série, nota-se redução significativa no número de repetições na primeira série do *leg-press*. Quando analisamos o efeito das séries nas diferentes condições, na condição LC houve uma redução significativa do número de repetições da série 1 para a série 2 ($p < 0,05$) e da série 1 para a série 3 ($p < 0,001$). Na condição L50 não houve diferença significativa entre as séries ($p > 0,05$). Na condição L100, houve queda significativa do número de repetições da série 1 para a série 3 ($p < 0,001$) e da série 2 para a série 3 ($p < 0,001$).

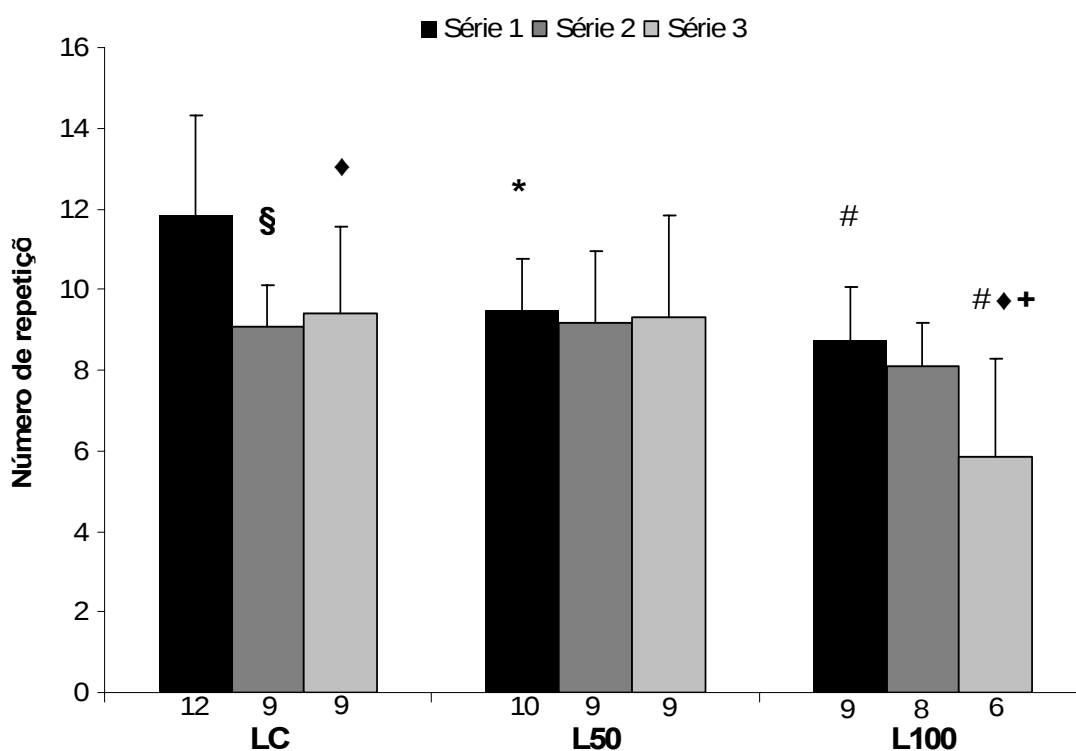


Figura 3. Número máximo de repetições executados no aparelho *leg-press* 45° nas condições controle (LC), experimental a 50 rev.min⁻¹ (L50) e experimental a 100 rev.min⁻¹ (L100). N = 12 * $p < 0,05$ em relação à LC, na respectiva série. # $p < 0,001$ em relação à LC na respectiva série. § $p < 0,05$ em relação à Série 1, na mesma condição. ♦ $p < 0,001$ em relação à Série 1, na mesma condição. + $p < 0,001$ em relação à Série 2, na mesma condição.

A altura média dos 10 saltos de cada série nas condições controle (SC), experimental a 50 rev.min⁻¹ (S50) e experimental a 100 rev.min⁻¹ (S100) está representada na Figura 4. A altura média dos saltos obtida nas séries 1 e 3 da condição S50 foi significativamente menor do que nas respectivas séries da condição SC ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa entre as séries em nenhuma das condições experimentais ($p > 0,05$). Analisando a média das três séries em cada condição, houve uma queda de 7,8% em S50 (29,28 cm) e de 3,9% em S100 (30,52 cm) comparadas à SC (31,76 cm). Entretanto, nenhuma dessas diferenças foi significativa ($P > 0,05$). Novamente, omite-se um efeito negativo do exercício aeróbio na força muscular subsequente quando a análise é feita pela somatória das séries.

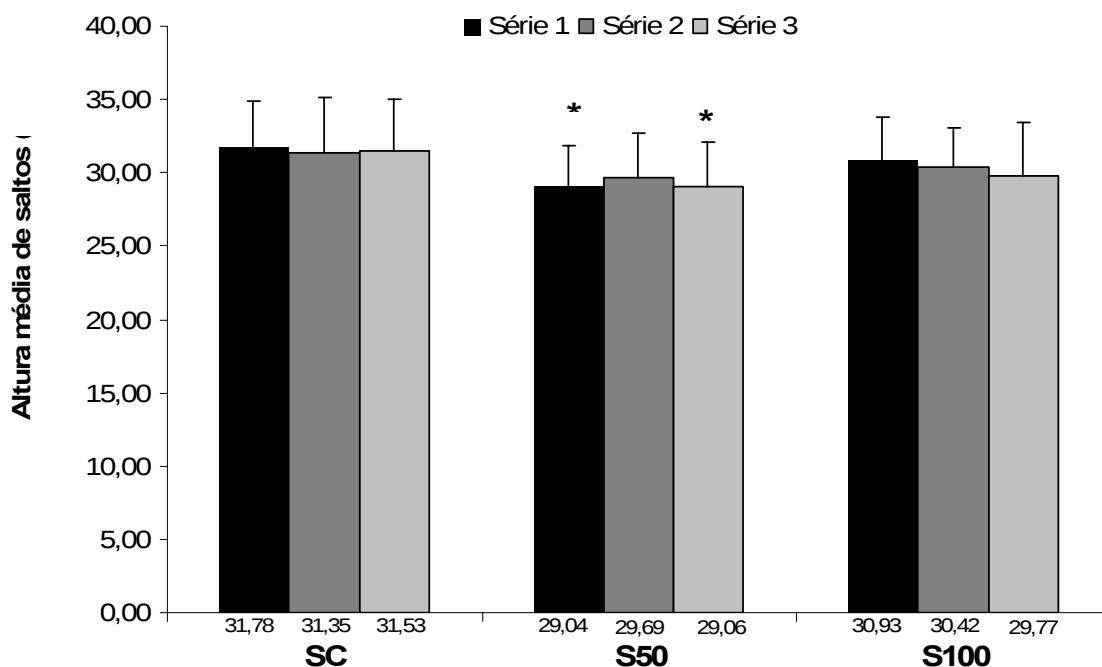


Figura 4. Altura média das séries de 10 saltos nas condições controle (SC), experimental a 50 rev.min⁻¹ (S50) e experimental a 100 rev.min⁻¹ (S100). N = 10.* $p < 0,01$ em relação à SC para a respectiva série.

As correlações da carga de 10RM ($r = 0,08$) e dos índices aeróbios P_{MAX} ($r = 0,36$), P_{LAn} ($r = 0,23$), $\%P_{MAX}$ ($r = 0,07$) com o percentual de queda no número total de repetições no *leg-press* 45° na condição L100 não foram significantes ($p > 0,05$). Da mesma forma, não houve correlação significativa da carga de 10RM ($r = 0,14$) e da P_{LAn} ($r = 0,42$) relativos à massa corporal com o percentual de queda do número máximo de repetições na condição L100.

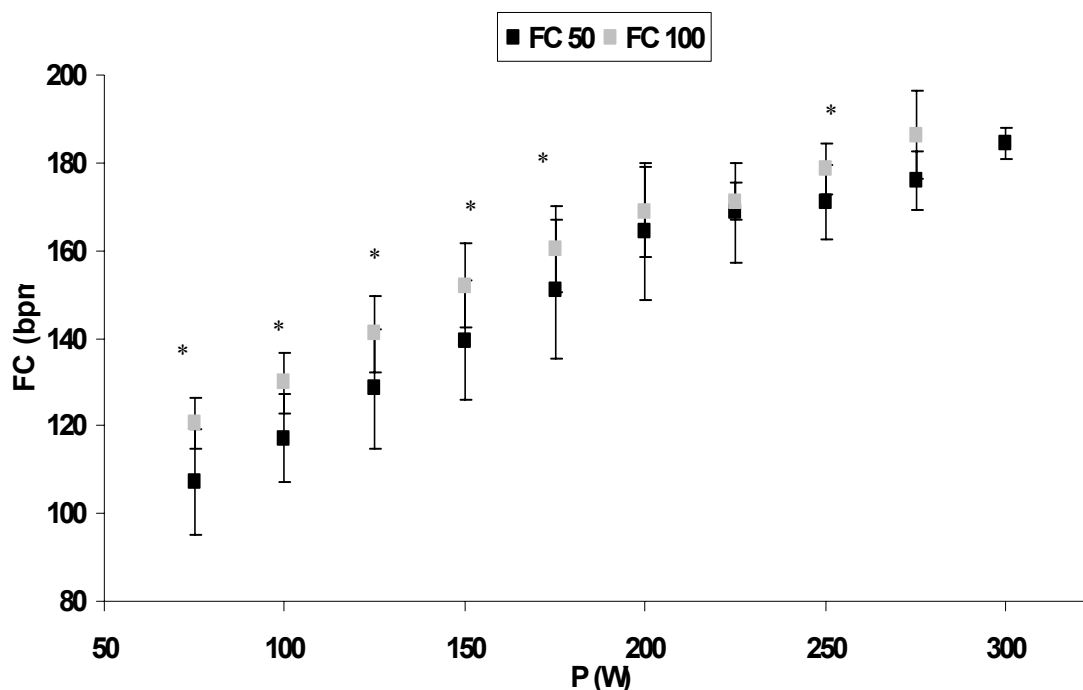


Figura 5. Valores de FC em cada carga do teste incremental a 50 rev.min⁻¹ e a 100 rev.min⁻¹. N= 12

A média dos valores de FC em cada estágio dos testes incrementais a 50 rev.min⁻¹ e a 100 rev.min⁻¹ estão descritos na figura 5. Até o oitavo estágio, exceto os estágios 6 e 7, todos os valores foram maiores ($p < 0,05$) na cadência maior do que na cadência menor. Nos estágios 9 e 10 não foi possível fazer comparações estatísticas devido ao baixo n amostral nessas situações.

A média dos valores de [lac] em cada estágio dos testes incrementais a 50 rev.min⁻¹ e a 100 rev.min⁻¹ estão descritos na figura 6.

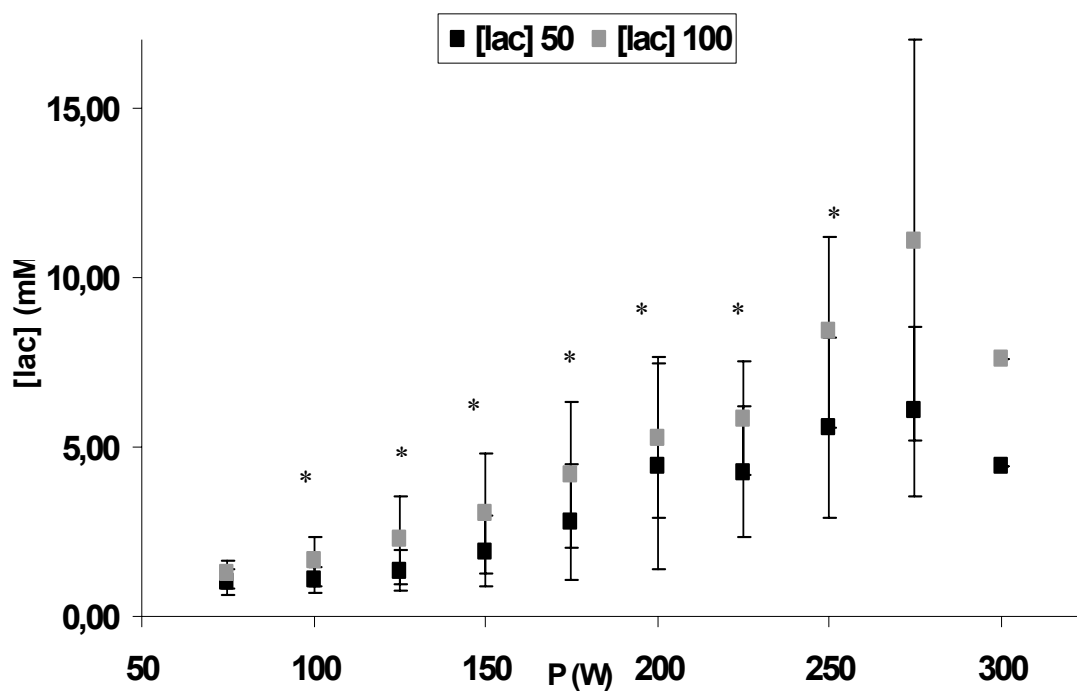


Figura 6. Valores de [lac] em cada carga do teste incremental a 50 rev.min⁻¹ e a 100 rev.min⁻¹. N= 12

Do segundo ao oitavo estágios a [lac] foi sempre maior na cadência maior comparado à cadência menor, sendo igual apenas no primeiro estágio. Novamente no nono e décimo estágios não foi possível fazer comparações estatísticas devido ao baixo n amostral.

7. DISCUSSÃO

O principal objetivo deste estudo foi investigar o efeito do exercício aeróbio executado em diferentes cadências de pedalada sobre a força muscular subsequente analisada de diferentes formas. Os principais achados deste estudo foram que, apesar de terem sido realizados na mesma intensidade relativa ao LAn, o exercício de ciclismo feito na cadência mais alta promoveu maior redução na força muscular quando o exercício de força foi realizado com cargas elevadas. Por outro lado, quando o exercício aeróbio é feito em uma cadência baixa, a influência ocorre em exercícios que envolvem uma menor resistência externa e o ciclo alongamento e encurtamento. Apesar dos exercícios de *leg press* 45° e de saltos envolverem grupos musculares similares, a duração das contrações concêntrica e excêntrica e os fatores que determinam o rendimento nestas condições parecem ser bem diferentes, e podem auxiliar a explicar o porquê da diferente influência da cadência nas condições analisadas em nosso estudo.

7.1. Efeito da cadência de pedalada no exercício incremental

Analisando as respostas durante o protocolo incremental, verificou-se que a cadência de pedalada não influencia na P_{MAX} e na FC_{MAX} . Os valores similares de P_{MAX} encontrados neste estudo (ver Tabela 2) diferem dos resultados obtidos por DENADAI *et al.* (2005), que verificaram valores maiores de P_{MAX} a 50 rev.min⁻¹ (263 W) do que a 100 rev.min⁻¹ (240 W), em indivíduos ativos. No entanto, naquele estudo os autores utilizaram um valor de incremento maior (33 W) do que o utilizado no presente estudo (25 W). Portanto, o efeito da cadência parece ser mais evidente quando se utiliza incrementos maiores. Além disso, o efeito da taxa de incremento parece ser mais evidente nas cadências menores. Os valores de FC_{MAX} obtidos no presente estudo

concordam com os do estudo de DENADAI *et al.* (2005), que verificaram valores similares de FC_{MAX} a 50 rev.min⁻¹ (191 bpm) e a 100 rev.min⁻¹ (192 bpm). Portanto, apesar de uma possível influência do protocolo na intensidade máxima obtida, este fator não parece influenciar o valor de FC_{MAX} . Este comportamento da FC_{MAX} é coerente, já que esta é uma variável máxima, e é similar à resposta do VO_{2MAX} , que também não sofre influência do protocolo (DENADAI, 1999).

Apesar dos valores de P_{MAX} e FC_{MAX} terem sido similares nas duas cadências, a $[lac]_{MAX}$ obtida a 100 rev.min⁻¹ foi maior do que a 50 rev.min⁻¹. Apesar de alguns estudos (AHLQUIST *et al.*, 1992; WOOLFORD *et al.*, 1999; TAKAISHI *et al.*, 2002) sugerirem que o recrutamento de fibras tipo II é maior nas cadências menores, o maior nível de lactato sanguíneo obtido na cadência de 100 rev.min⁻¹ pode ser em parte explicado pelo maior fluxo de sangue associado às cadências mais elevadas (TAKAISHI *et al.*, 2002), que pode acelerar o transporte de lactato entre os compartimentos de formação (músculo ativo) e análise (sangue arterializado) (GLADDEN, 2000).

Quando se analisa a intensidade correspondente ao LAn , a P_{LAn} foi maior a 50 rev.min⁻¹ do que a 100 rev.min⁻¹, tanto em valor absoluto (16%) quanto em valor relativo (14%). Da mesma forma, a FC_{LAn} foi maior a 50 rev.min⁻¹ do que a 100 rev.min⁻¹, tanto em valor absoluto (6%) quanto em valor relativo (6%). Estes dados concordam com os obtidos por DENADAI *et al.* (2006b) que verificaram uma P_{LAn} maior a 50 rev.min⁻¹ (189 W) do que a 100 rev.min⁻¹ (142 W). No entanto, neste estudo, os valores de FC_{LAn} foram similares nas duas cadências (154 e 153 bpm, respectivamente), o que pode ser explicado em parte pelo protocolo utilizado para a determinação do LAn , como mencionado anteriormente. Em nosso estudo, para uma

mesma potência externa gerada, a [lac] e a FC foram maiores em quase todas as intensidades submáximas na cadência de 100 rev.min⁻¹ do que a 50 rev.min⁻¹, tanto em valores absolutos quanto em valores relativos (Figuras 5 e 6). Em jovens ciclistas, WOOLFORD *et al.* (1999) também verificaram efeito similar da cadência no LAn. Portanto, a concentração de 3,5 mM representou um maior nível de esforço na cadência menor. As diferenças percentuais entre os índices nas cadências altas e baixas tendem a serem reduzidas conforme a intensidade de exercício aumenta (CHAVARREN; CALBET, 1999; DENADAI *et al.*, 2005; 2006b; WOOLFORD *et al.*, 1999).

No estudo de CHAVARREN e CALBET (1999), os autores verificaram que os valores de FC, para um dado VO₂ durante o exercício incremental, são independentes da cadência empregada. Estes dados sugerem que, diferentes combinações de carga e cadência que geram o mesmo VO₂, tendem a gerar também valores similares de FC. Portanto, em aulas de ciclismo *indoor*, apesar de não ser facilmente acessível a mensuração do VO₂ e da potência externa, a FC pode ser utilizada na prescrição da intensidade de esforço independentemente da cadência e/ou da resistência empregadas. No entanto, para a mesma potência externa gerada, a FC tende a ser maior nas cadências maiores. Estes efeitos que a intensidade analisada tem sobre as alterações fisiológicas encontradas, em função da manipulação da cadência, já são bem conhecidos para as eficiências bruta e delta, as quais aumentam com o incremento da intensidade para uma dada cadência (CHAVARREN; CALBET, 1999; FOSS; HALLEN, 2004). As diferenças entre os índices fisiológicos que são promovidas pela alteração na cadência de pedalada vão diminuindo com o aumento da potência absoluta. Ou seja, quanto maior a potência, menor será a diferença entre os índices fisiológicos (eficiência bruta e delta, [lac], FC) em diferentes cadências de pedalada. Já quando a potência é

relativizada por algum índice como, por exemplo o LAn, parece que os índices fisiológicos são similares independente da cadência (DENADAI *et al.*, 2005; 2006).

7.2. Efeito da cadência de pedalada no exercício de carga constante

Quando analisadas durante o exercício de carga constante, os valores médios de FC e [lac], apresentaram uma estabilização entre o 10^o e 30^o minutos e não foram diferentes entre as condições 50 rev.min⁻¹ e 100 rev.min⁻¹, e entre as condições L (160 e 165 bpm; 3,96 e 4,51 mM, respectivamente) e S (164 e 162 bpm; 4,44 e 4,66 mM, respectivamente) (Tabela 3). Ou seja, quando o indivíduo realiza um exercício de carga constante em potências absoluta e relativa menores na cadência de 100 rev.min⁻¹, mas na mesma intensidade relativa ao LAn (100%), a cadência de pedalada não influencia nas respostas de FC e [lac]. Este mesmo comportamento foi encontrado no estudo de DENADAI *et al.* (2005) durante o exercício de carga constante realizado na MLSS, quando a potência correspondente a esta intensidade também expressa em valores absolutos e relativos foi menor a 100 rev.min⁻¹. No estudo de DENADAI *et al.* (2006), os valores médios obtidos na MLSS de FC foram de 162 e 160 bpm e de [lac] foram de 4,86 e 4,72 mM para as cadências de 50 e 100 rev.min⁻¹, respectivamente. Neste estudo, os autores verificaram uma diferença de 20% na potência absoluta correspondente à MLSS e de 13% na potência relativa correspondente à MLSS. No entanto, a FC correspondente à MLSS (FC_{MSSL}) em valores absoluto e relativo à FC_{MAX} foi similar nas duas cadências. Novamente, uma possível explicação para estas diferenças entre a FC_{LAn} do nosso estudo e a FC_{MSSL} do estudo de DENADAI *et al.* (2006) é a menor taxa de incremento utilizada em nosso estudo.

Em nosso estudo, os valores similares de [lac] e FC nas duas cadências analisadas confirmam nossa hipótese que o estresse metabólico, cardiovascular e o gasto energético foram similares e estáveis. Portanto, em exercícios de carga constante e com durações suficientes para equilibrar o gradiente de concentração entre os compartimentos, a cadência de pedalada não influencia as respostas de [lac] e de FC. Em adição ao que já foi reportado por DENADAI *et al.* (2005), estes dados sugerem que a FC pode ser utilizada para a prescrição da intensidade de exercício independentemente da cadência de pedalada.

Com isso, pode-se hipotetizar que o aumento da [lac] estaria simplesmente ligado ao aumento da demanda energética, com os valores de lactato sanguíneo para um dado VO_2 não sendo provavelmente influenciados pela cadência de pedalada. Esta hipótese pode ser parcialmente fundamentada nos dados de WOOLFORD *et al.* (1999), que verificaram que o LAn expresso em percentual do $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ é independente da cadência analisada. De modo similar, DENADAI *et al.* (2005) mostraram que a relação entre FC e a resposta de lactato sanguíneo, tanto durante o exercício incremental quanto no exercício retangular, não parece ser influenciada significativamente pela cadência. Como já apontado anteriormente, a relação FC x VO_2 também não é modificada (WOOLFORD *et al.*, 1999), reforçando que a validade da FC para selecionar determinadas intensidades submáximas de exercício ($< \text{VO}_{2\text{MAX}}$) no ciclismo, é independente da cadência de pedalada. Assim, quando o objetivo da determinação da FC durante o teste incremental é encontrar determinados $\%\text{VO}_{2\text{MAX}}$, como o proposto por diversas regressões (CAPUTO *et al.*, 2005), ou determinadas concentrações de lactato, não parece ser necessária a escolha de uma cadência de pedalada específica quando da elaboração do protocolo. Do mesmo modo, o controle da intensidade durante

o exercício retangular prescrito com base na MLSS pode ser realizado pela resposta da FC correspondente.

7.3. Efeito da cadência no número máximo de repetições no *leg-press* 45°

No presente estudo, a influência do exercício aeróbio prévio no rendimento da força, representada pelo número máximo de repetições no *leg-press* 45°, foi maior na cadência de pedalada mais alta (100 rev.min⁻¹). É conhecido na literatura, que o rendimento neste tipo de exercício feito com intensidades acima de 70-80% de 1RM ou uma carga correspondente a 8-12 RM é bastante influenciado pelo nível de força do indivíduo, seja ele determinado pelo padrão de recrutamento das unidades motoras e/ou pelo nível de hipertrofia muscular do indivíduo (FLECK e KRAEMER, 2004). Estudos sugerem que em intensidades acima de 50-60% de 1 RM a participação das fibras tipo II aumenta bastante (FLECK e KRAEMER, 2004).

Estudos que utilizaram exercícios realizados no ciclismo, com até 1 h de duração verificaram um comportamento similar ao que temos encontrado para a força isotônica subsequente. LEVERITT e ABERNETHY (1999) analisaram o efeito de 5 repetições de 5 min, em intensidades que variavam de 40 a 100%VO₂max no número máximo de repetições feitos em 3 séries de agachamento com uma carga de 80% 1RM, e em 5 extensões máximas de joelho em diferentes velocidades, em um dinamômetro isocinético. Neste estudo, houve uma queda significativa no número máximo de repetições em todas as 3 séries do exercício isotônico (36% na primeira, 27% na segunda e 14% na terceira séries). Na força analisada de forma isocinética, a força foi reduzida em todas as velocidades de movimento (12% a 1,05 rad.s⁻¹, 18% a 2,09 rad.s⁻¹, 13% a 3.14 rad.s⁻¹, 10% a 4,19 rad.s⁻¹ e 16% a 5,24 rad.s⁻¹), entretanto em percentuais

menores do que a força isotônica, mostrando que o exercício de força quando feito de forma isotônica parece ser mais sensível ao efeito do exercício aeróbio prévio do que quando o mesmo é feito de forma isocinética.

Da mesma forma, SPORER e WENGER (2003) verificaram uma queda de 25% no número máximo de repetições no *leg-press* 45° com uma carga de 75% 1RM, 4 horas após 6 repetições de 3 minutos a 95-100% da potência aeróbia máxima ou 36 min a 70% da potência aeróbia máxima, e com uma cadência de pedalada entre 70 e 80 rev.min⁻¹. Apesar destes estudos não terem analisado o efeito da cadência de pedalada, os dados sugerem que, exercícios aeróbios de média duração promovem reduções significantes na força isotônica, analisada através do número máximo de repetições. Além disso, a força isotônica parece ser mais sensível aos efeitos do exercício aeróbio prévio do que as forças isocinéticas e isométricas (LEVERITT; ABERNETHY, 1999).

SARRE *et al.* (2005) analisaram as respostas neuromusculares antes e após um exercício de 1 h realizado a 65% do VO_{2MAX}, com cadências variadas (50 rev.min⁻¹, 110 rev.min⁻¹ e livremente escolhida), no torque máximo isométrico. Neste estudo, os autores verificaram uma redução significativa do torque máximo isométrico (11 a 17%), porém sem influência da cadência de pedalada nesta redução e nos mecanismos centrais ou periféricos da fadiga. Os autores verificaram, no entanto, que houve uma tendência de uma maior queda do torque a 110 rev.min⁻¹ e que a taxa RMS/Onda M, que é uma variável que representa o nível de ativação central, caiu mais na cadência de 110 rev.min⁻¹. Da mesma forma, LEPERS *et al.* (2001) não verificaram efeito da cadência após 30 min de exercício entre 69 e 103 rev.min⁻¹. Portanto, os estudos indicam que, em exercícios feitos no ciclismo, com cadências de pedalada acima de 70 rev.min⁻¹, intensidades acima de 65% da potência aeróbia máxima, e durações de até 1 h, a queda

na força isotônica subsequente é de 20 a 25% aproximadamente, em séries realizadas a 70-80% 1RM. Além disso, a queda na força isotônica tende a ser maior do que a força isométrica ou isocinética.

Apesar de não termos estudado os mecanismos que explicam as diferentes influências do exercício aeróbio na força muscular, ao analisarmos a influência da cadência de pedalada durante o exercício aeróbio e os fatores que contribuem para o rendimento no exercício de força, podemos sugerir alguns aspectos que podem ter contribuído para a diferente resposta da força muscular subsequente. De acordo com estudos citados anteriormente que analisaram o efeito da cadência de pedalada, em nosso protocolo, na cadência de 50 rev.min⁻¹, cada indivíduo realizou um nível maior de força em cada movimento e um total de 1500 ciclos de pedalada, enquanto na cadência de 100 rev.min⁻¹ cada indivíduo realizou um nível menor de força em cada movimento e um total de 3000 ciclos de pedalada. Portanto, nas condições analisadas, o nível de força realizado em cada pedalada não parece ser um fator importante na queda da força subsequente. Talvez o maior número de ciclos de pedalada executados em uma velocidade de contração alta pode ter contribuído proporcionalmente mais para a fadiga.

Analisando o efeito do exercício aeróbio prévio no efeito das séries, verificamos que, na condição L50 houve uma redução significativa do número de repetições na Série 1. Entretanto, houve uma manutenção do rendimento nas séries subsequentes. Por outro lado, na condição L100, houve um efeito do exercício aeróbio e das séries, pois a força apresentou uma redução já na Série 1 e também na Série 3. Este comportamento da força durante as séries e a redução percentual verificada na Série 3 sugerem que, quando o exercício aeróbio é realizado em cadência alta, fatores neuromusculares que contribuem para o rendimento neste tipo de exercício podem estar proporcionalmente

mais prejudicados, já que, como já mencionado anteriormente, as condições metabólica e cardiovascular foram similares.

7.4. Efeito da cadência nos saltos

Quando analisamos os efeitos do exercício aeróbio prévio na capacidade de saltos, houve influência somente em duas das três séries, na cadência de 50 rev.min⁻¹. Quando analisamos a média da altura dos saltos nas três séries, não houve modificação significativa ($p > 0,05$). O que pode auxiliar a explicar estes dados, é que como não houve uma grande redução na primeira série, e a diferença dela para as outras também não é grande, ao se comparar a média de todas as tentativas, o efeito passou a não existir mais.

Um dos primeiros aspectos que podem ser abordados com relação à influência no rendimento nos saltos, é que o ciclismo é composto predominantemente por contrações concêntricas com algum grau de isometria. Por outro lado, os saltos são compostos por contrações concêntricas e excêntricas, além da presença do CAE. Portanto, provavelmente o exercício realizado na cadência de 50 rev.min⁻¹ determinou queda na força muscular por um maior nível de tensão produzido, fazendo com que a força estivesse reduzida, comprometendo o desempenho na altura dos saltos. Em contrapartida, quando a tensão produzida não foi tão grande, não houve queda na altura média dos saltos em nenhuma das três séries, comparadas às respectivas series na situação controle.

Para compreendermos este diferente comportamento da capacidade de saltos com relação ao rendimento do aparelho *leg-press* 45°, deve-se levar em consideração as principais características que envolvem o desempenho nos saltos. Estudos na literatura

sugerem que fatores como a ativação neural e as propriedades estruturais musculares (HAKKINEN *et al.*, 1985b; SALE, 1988; AAGAARD *et al.*, 2002; HASSON *et al.*, 2004), as características dos tecidos conectivos (KOMI; BOSCO, 1978; BOSCO *et al.*, 1982b; KOMI *et al.*, 2000) e os reflexos (SCHENAU *et al.*, 1997a,b) podem influenciar de forma significativa na altura do salto. Além disso, o tamanho e a área das fibras rápidas (HAKKINEN *et al.*, 1985b; HARRIDGE *et al.*, 1996) e a quantidade de impulsos nervosos transmitidos no início da contração (VITASALO e KOMI, 1978; HAKKINEN *et al.*, 1985a; AAGAARD *et al.*, 2002) contribuem para uma maior taxa de desenvolvimento de força (VITASALO e KOMI, 1978; HAKKINEN *et al.*, 1985a; AAGAARD *et al.*, 2002), e consequentemente uma maior tensão muscular instantânea.

O salto vertical é muitas vezes realizado com um contramovimento prévio, realizado através da flexão dos quadris, joelhos e tornozelos antes de realizar a saída do chão (BOBBERT *et al.*, 1996). Além de todos os aspectos mencionados anteriormente, o salto possui um componente essencial, que é o ciclo alongamento-encurtamento (CAE), que permite o armazenamento de energia na fase excêntrica do movimento (descida) e a liberação desta energia posteriormente, na contração concêntrica (elevação do centro de gravidade) (BOSCO *et al.*, 1982a). Porém, segundo NICOL *et al.* (2006), apesar do CAE envolver a contração excêntrica, a função muscular nesta contração não é a mesma quando comparada com a contração excêntrica isolada. As cargas de impacto e a natureza dos alongamentos envolvidos na fase ativa do ciclo são rápidas, de curta duração e controladas simultaneamente por vias de controle neural central e reflexa. Além disso, o custo metabólico na contração excêntrica do CAE é também diferente da contração excêntrica feita de forma isolada.

Na literatura, a maioria dos estudos que analisou os efeitos de um exercício prévio no salto, foram feitos com a corrida, que tem um importante componente excêntrico envolvido nas contrações (MILLET; LEPERS, 2004), e que pode ter tido contribuição significativa na queda da força subsequente. A maioria destes estudos utilizou exercícios com durações entre 1 e 5 h, e as quedas observadas no salto variaram de 10 a 30%, aproximadamente. No presente estudo, a duração do exercício de ciclismo é proporcionalmente curta, na qual, os principais fatores que contribuem para a fadiga são periféricos (MILLET; LEPERS, 2004). Apesar de não termos controlado os mecanismos que determinaram a fadiga no exercício aeróbio, pode-se sugerir que a influência negativa nos saltos após o ciclismo feito na cadência de 50 rev.min⁻¹ pode ter sido ocasionada, pelo menos em parte, por danos nas propriedades contráteis.

7.5. Diferenças entre os tipos de exercício de força

Algumas importantes diferenças na forma de aplicação de força no *leg-press* 45° e nos saltos e as condições nas quais eles foram realizados podem auxiliar na compreensão dos diferentes efeitos do exercício aeróbio na força muscular. Apesar do número de contrações ter sido similar entre os exercícios (aproximadamente 30 repetições) e os dois envolverem grupos musculares similares, a duração das fases concêntrica e particularmente a excêntrica foram muito menores nos saltos. Já a resistência externa foi bem maior no *leg-press* 45°. Portanto, nestas condições o padrão de recrutamento das unidades motoras provavelmente foi bastante diferente.

Além disso, ao observarmos o efeito da cadência nos diferentes exercícios de força analisados, verificamos que, quando o exercício aeróbio foi executado com uma velocidade de contração alta (100 rev.min⁻¹), a força foi mais prejudicada quando o

exercício foi executado com uma velocidade de contração lenta (*leg-press* 45°). Por outro lado, quando o exercício aeróbio foi executado em uma velocidade de contração lenta (50 rev.min⁻¹), a força foi prejudicada no exercício de força explosiva, que é caracterizado por velocidade de contração alta (saltos). Portanto, ao se analisar o exercício aeróbio e o de força, as diferentes condições de velocidade de contração e nível de tensão muscular nos dois exercícios podem contribuir para o nível de redução da força muscular subsequente.

O fato dos exercícios de saltos realizados em nosso estudo, de maneira geral, terem sido proporcionalmente menos influenciados do que os exercícios no *leg-press* 45°, primeiramente sugere que o ciclismo feito nas condições deste estudo não influenciou os principais fatores que contribuem para a fadiga neste tipo de movimento. Além disso, a capacidade de armazenamento de energia elástica provavelmente reduziu uma possível influência negativa da fadiga provocada pelo exercício prévio, já que a participação do CAE para a altura do salto é bastante significativa (KOMI; BOSCO, 1978; BOSCO *et al.*, 1982b; KOMI *et al.*, 2000). Dessa forma, o exercício de saltos foi menos influenciado pelo exercício aeróbio prévio do que o exercício de *leg-press* 45°.

7.6. Aplicações práticas

De acordo com as condições realizadas neste estudo, indivíduos que buscam a melhora do condicionamento físico e fazem exercícios de força e os treinos de ciclismo na mesma sessão de treinamento, o efeito negativo do exercício aeróbio no rendimento da força de membros inferiores subsequente pode ser reduzido se o exercício de ciclismo for realizado em uma cadência de pedalada baixa. Já quando a sessão de ciclismo é feita previamente ao treinamento de saltos ou pliometria, apesar da influência

negativa nestes exercícios ser menor, sugere-se que o ciclismo seja feito em cadências de pedalada altas.

8.CONCLUSÕES

Nas condições analisadas, o exercício aeróbio prévio realizado no ciclismo e em diferentes cadências de pedalada influencia de forma diferente a força muscular subsequente. O efeito negativo desse exercício aeróbio é dependente das condições de velocidade de contração e nível de tensão nas quais o exercício de força é realizado. Para o exercício no *leg-press*, quanto maior a velocidade de contração, maior a redução no rendimento da força. Já para os saltos, o comprometimento da força parece ocorrer apenas quando o exercício aeróbio é realizado em condições diferentes de velocidade de contração e nível de tensão muscular. O nível de capacidade aeróbia e força muscular não oferecem uma proteção contra a queda na força muscular.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAGAARD, P.; SIMONSEN, E.B.; ANDERSEN, J.L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **J Appl Physiol**, v.93, p.1318–1326, 2002.

ABERNETHY, P.J. Influence of acute endurance activity on isokinetic strength. **J Strength Cond Res**, v.7, p.141-146, 1993.

ABERNETHY, P.J.; JURIMAE, J. Cross-sectional and longitudinal uses of isoinertial, isometric, and isokinetic dynamometry. **Med Sci Sports Exerc**, v.28, p.1180-1187, 1996.

ABERNETHY, P.J.; QUIGLEY, B.M. Concurrent strength and endurance training of the elbow flexors. **J Strength Cond Res**, v.7, p.234-240, 1993.

AHLQUIST, L.E.; BASSETT, D.R. JR; SUFIT, R.; NAGLE, F.J.; THOMAS, D.P. The effect of pedaling frequency on glycogen depletion rates in type I and type II quadriceps muscle fibers during submaximal cycling exercise. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v.65, p.360-364, 1992.

AOKI, M.S.; PONTES Jr. F.L.; NAVARRO, F.; UCHIDA, M.C.; BACURAU, R.F.P. Suplementação de carboidrato não reverte o efeito deletério do exercício de *endurance* sobre o subsequente desempenho de força. **Rev Bras Med Esporte**, v.9, p.282-287, 2003.

BELL, G.J.; PETERSEN, S.R.; QUINNEY, H.A.; WENGER, H.A. Sequencing of endurance and high velocity strength training. **Can J Sports Sci**, v.13, p.214-219, 1998.

BONING D, GONEN Y, MAASSEN N. Relationship between work load, pedal frequency, and physical fitness. **Int J Sports Med**, v.5, p.92-97, 1984.

BOSCO, C.; ITO, A.; KOMI, P.V.; LUHTANEN, P.; RAHKILA, P.; RUSKO, H.; VIITASALO, J.T. Neuromuscular function and mechanical efficiency of human leg extensor muscles during jumping exercises. **Acta Physiol Scand**, v.114, p.543–550, 1982.

BOSCO, C.; VIITASALO, J.T.; KOMI, P.V.; LUHTANEN, P. Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. **Acta Physiol Scand**, v.114, p. 557–565, 1982.

BRISSWALTER, J.; HAUSSWIRTH, C.; SMITH, D.; VERCRUYSEN, F.; VALLIER, J.M. Energetically optimal cadence versus freely-chosen cadence during cycling: effect of exercise duration. **Int J Sports Med**, v.20, p.1-5, 2000.

CAPUTO, F.; GRECO, C.C.; DENADAI, B.S. Efeitos do estado e especificidade do treinamento aeróbio na relação %VO₂max versus %FCmax durante o ciclismo. **Arq Bras Cardiol**, v.84, p.20-23, 2005.

CHAVARREN, J.; CALBET, J.A. Cycling efficiency and pedalling frequency in road cyclists. **Eur J Appl Physiol**, v.80, p.555-563, 1999.

COAST, J.R.; WELCH, H.G. Linear increase in optimal pedal rate with increased power output in cycle ergometry. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v.53, p.339-342, 1985.

COAST, R.J.; COX, R.H.; WELCH, H.G. Optimal pedaling rate in pro- longed bouts of cycle ergometry. **Med Sci Sports Exerc**, v.18, p.225-230, 1986.

COYLE, E.F.; SIDOSSIS, L.S.; HOROWITZ, J.F.BELTZ, J.D. Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. **Med Sci Sports Exerc**, v.24, p.782-788, 1992.

CRAIG, B.W.; LUCAS, J.; POHLMAN, R.; STELLING, H. The effects of running, weightlifting, and a combination of both on growth hormone release. **J Strength Cond Res**, v.5, p.198-203, 1991.

DENADAI, B.S. **Índices fisiológicos de avaliação aeróbia. Conceitos e aplicações**. 1 ed. Ribeirão Preto : BSD, 1999.

DENADAI, B.S.; FIGUEIRA, T.R.; FAVARO, O.R.P.; GONÇALVES, M. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. **Braz J Med Biol Res**, v.37, p.1551-1556, 2004.

DENADAI, B.S.; RUAS, V.D.; FIGUEIRA, T.R. Maximal lactate steady state concentration independent of pedal cadence in active individuals. **Eur J Appl Physiol**, v.96, p.477-480, 2006.

DENADAI, B.S.; RUAS, V.D.A.; FIGUEIRA, T.R. Efeito da cadência de pedalada sobre a relação entre a frequência cardíaca e a resposta de lactato sanguíneo durante o exercício incremental e de carga constante em indivíduos ativos. **Rev Bras Med Esporte**, v.11, p.1-5, 2005.

DESCHENES, M.R.; KRAEMER, W.J.; McCOY, R.W.; VOLEK, J.S.; TURNER, B.M.; WIENLEIN, J.C. Muscle recruitment patterns regulate physiological responses during exercise of the same intensity. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, v.279, p.2229-2236, 2000.

DOCHERTY, D.; SPORER B.A Proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. **Sports Med**, v.30, p.385-394, 2000.

DUDLEY, G.A.; DJAMIL, R. Incompatibility of endurance and strength training modes of exercise. **J Appl Physiol**, v.59, p.1446-1451, 1985.

EDMAN, K.A.P. Contractile performance of skeletal muscle fibers. In: **Strength and Power in Sport**. P.V. Komi, ed. Oxford: Blackwell Scientific, p.96-114, 1992.

FARIA, E.W.; PARKER, D.L.; FARIA, I.E. The Science of Cycling. Factors Affecting Performance – Part 2. **Sports Med**, v.35, p.313-337, 2005.

FARINA, D.; MACALUSO, A.; FERGUSON, R.A.; De VITO, G. Effect of power, pedal rate and force on average muscle fiber conduction velocity during cycling. **J Appl Physiol**, v.97, p.2035-2041, 2004.

FERGUSON, R.A.; AAGAARD, P.; BALL, D.; SARGEANT, A.J.; BANGSBO, J. Total power output generated during dynamic knee extensor exercise at different contraction frequencies. **J Appl Physiol**, v.89, p.1912–1918, 2000.

FLECK, S.J.; KRAEMER, W.J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 376 p.

FOSS, O.; HALLÉN, J. Cadence and performance in elite cyclists. **Eur J Appl Physiol**, v.93, p.453-462, 2005.

GLADDEN L. Muscle as a consumer of lactate. **Med Sci Sports Exerc**, v.32 p.764-771, 2000.

GOTSHALL, R.W.; BAUER, T.A.; FAHRNER, S.L. Cycling cadence alters exercise hemodynamics. **Int J Sports Med**, p.17, p.17-21, 1996.

GREEN, H.J. Manifestations and sites of neuromuscular fatigue. In: **Biochemistry of Exercise VII** (v. 21). A.W. Taylor, P.D., Gollnick, H.J., Green, C.D. Ianuzzo, E.G. Noble, G. Metivier and J.R. Sutton, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 1990.

GUEDES, D.P.; GUEDES, J.E.R.P. **Controle do peso corporal: composição corporal, atividade física e nutrição**. Londrina: Midiograf, 1998.

HAGBERG, J.M.; MULLIN, J.P.; GIESE, M.D.; SPITZNAGEL, E. Effect of pedalling rate on submaximal exercise responses of competitive cyclists. **J Appl Physiol**, v.2, p. 447-451, 1981.

HAKKINEN, K.; ALEN, M.; KOMI, P.V. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. **Acta Physiol Scand**, v.125, p.573–585, 1985.

HAKKINEN, K.; KOMI, P.V.; ALEN, M. Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. **Acta Physiol Scand**, v.125, p.587–600, 1985.

HARRIDGE, S.D.; BOTTINELLI, R.; CANEPARI, M.; PELLEGRINO, M.A.; REGGIANI, C.; ESBJORNSSON, M.; SALTIN, B. Whole-muscle and single-fibre contractile properties and myosin heavy chain isoforms in humans. **Pflugers Arch**, v.432, p.913–920, 1996

HASSON, C.J.; DUGAN, E.L.; DOYLE, T.L.A.; HUMPHRIES, B.; NEWTON, R.U. Neuromechanical strategies employed to increase jump height during the initiation of the squat jump. **J Electromyogr Kinesiol**, v.14, p. 515–521, 2004.

HENNESSEY, L.C.; WATSON, A.W.S. The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. **J Strength Cond Res**, v.8, p.12-19, 1994.

HICKSON, R.C. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v.45, p.255-263, 1980.

HUGHES, E.F.; TURNER, S.C.; BROOKS, G.A. Effects of glycogen depletion and pedaling speed on “anaerobic threshold”. **J Appl Physiol**, v.6, p.1598-1607, 1982.

HULL, M.L.; GONZALEZ, H.K.; REDFIELD, R. optimization of pedaling rate in cycling using a muscle stress-based objective function. **Int J Sports Med**, v.1, p.1-20, 1988.

HUNTER, S.K.; ROCHETTE, L.; CRITCHLOW, A.; ENOKA, R.M. Time to task failure differs with load type when load adults perform a submaximal fatiguing contraction. **Muscle Nerve**, v.31, p. 730-740, 2005.

KOMI, P.V.; LINNAMO, V.; SILVENTOINEN, P.; SILLANPAA, M. Force and EMG power spectrum during eccentric and concentric actions. **Med Sci Sports Exerc**, v.32, p.1757–1762, 2000.

LEPERS, R.; MILLET, G.Y.; MAFFIULETTI, N.A. Effect of cycling cadence on contractile and neural properties of knee extensors. **Med Sci Sports Exerc**, v.33, p.1882-1888, 2001.

LEVERITT, M.; ABERNETHY, P.J. Acute effects of high-intensity endurance exercise on subsequent resistance activity. **J Strength Cond Res**, v.13, p.47-51, 1999.

LEVERITT, M.; ABERNETHY, P.J.; BARRY, B.K.; LOGAN, P.A. Concurrent strength and endurance training. A review. **Sports Med**, v.28, p.413-27, 1999.

LEVERITT, M.; MACLAUGHLIN, H.; ABERNETHY, P.J. Changes in leg strength 8 and 32 h after endurance exercise. **J Sports Sci**, v.18, p.865-71, 2000.

LOLLGEN, H.; GRAHAM, T.; SJOGAARD, G. Muscle metabolites, force, and perceived exertion bicycling at various pedal rates. **Med Sci Sports Exerc**, v.12, p.345-351, 1980.

MARSH, A.P.; MARTIN, P.E. Effect of cycling experience, aerobic power, and power output on preferred and most economical cycling cadences. **Med Sci Sports Exerc**, v.29, p.1225-1232, 1997.

MASUDA, T.; KIZUKA, T.; ZHE, J.Y.; YAMADA, H.; SAITOU, K.; SADOYAMA, T.; OKADA, M. Influence of contraction force and speed on muscle fiber conduction

velocity during dynamic voluntary exercise. **J Eletromyogr Kinesiol**, v. 11, p. 85-94, 2001.

MATUSKAK, M.E.; FRY, A.C.; WEISS, L.W.; IRELAND, T.R.; McKNIGHT, M.M. Effect of rest interval length on repeated 1 repetition maximum back squats. **J Strength Cond Res**, v.17, p.634-637, 2003.

NELSON, A.G.; ARNALL, D.A.; LOY, S.F.; SILVESTER, L.J.; CONLEE, R.K. Consequences of combining strength and endurance training regimens. **Phys Ther**, v.70, p.287-294, 1990.

NICOL, C.; AVELA, J.; KOMI, P.V. The Stretch-Shortening Cycle: A Model to Study Naturally Occurring Neuromuscular Fatigue. **Sports Med**, v.36, p.977-999, 2006.

PALMER, G.S.; NOAKES, T.D.; HAWLEY, J.A. Metabolic and performance responses to constant-load vs variable-intensity exercise in trained cyclists. **J Appl Physiol**, v.87, p.1186-1196, 1999.

PATTERSON, R.P.; MORENO, M.I. Bicycle pedalling forces as a function of pedalling rate and power output. **Med Sci Sports Exerc**, v.4, p.512-516, 1990.

REDFIELD, R., HULL, M.L. On the relation between joint moments and pedalling rates at constant power in bicycling. **J Biomech**, v.19, p.317-329, 1986.

RUAS, V.D.A.; FIGUEIRA, T.R.; CAPUTO, F.; BARBEITOS, D.F.; DENADAI, B.S. Efeito da cadência de pedalada sobre a relação entre o limiar anaeróbio e máxima fase estável de lactato em indivíduos ativos do sexo masculino. **Rev Port Cien Desp**, v.6, p.15-20, 2006.

RUBINI, E.C.; COSTA, A.L.L.; GOMES, P.S.C. The effects of stretching on strength performance. **Sports Med**, v.37, p.213-224, 2007.

SALE, D.G.; MACDOUGALL, J.D.; JACOBS, I.; GARNER, S. Interaction between concurrent strength and endurance training. **J Appl Physiol**, v.68, p.260-270, 1990.

SARRE, G.; LEPERS, R. Neuromuscular function during prolonged pedaling exercise at different cadences. **Acta Physiol Scand**, v.185, p.321-328, 2005.

SARRE, G.; LEPERS, R. van HOECK, J. Stability of pedaling mechanics during prolonged cycling exercise performed at different cadences. **J Sports Sci**, v.23, p.693-701, 2005.

SARRE, G.; LEPERS, R.; MAFFIULETTI, N.; MILET, G.; MARTIN, A. Influence of cycling cadence on neuromuscular activity of the knee extensors in humans. **Eur J Appl Physiol**, v.88, p.476-479, 2003.

SIRI, W.E. Body composition from fluid and density: analysis of methods. In: BROZEK, J., HERSCHEL, A. **Techniques for Measuring Body Composition**, (Eds.)

Washington, DC: National Academy of Sciences, National Research Council, p.233-244, 1961.

SJØGAARD, G.; HANSEN, E.A.; OSADA, T. Blood flow and oxygen uptake increase with total power during five different knee extension contraction rates. **J Appl Physiol**, v.93, p.1676–1684, 2002.

SPORER, B.C.; WENGER, H.A. Effects of aerobic exercise on strength performance following various periods of recovery. **J Strength Cond Res**, v.17, p.638-644, 2003.

SUZUKI, Y. Mechanical efficiency of fast- and slow-twitch muscle fibers in man during cycling. **J Appl Physiol**, v.2, p.263-267, 1979.

TAKAISHI, T.; ISHIDA, K.; KATAYAMA, K.; YAMAZAKI, K.; YAMAMOTO, T.; MORITANI, T. Effect of cycling experience and pedal cadence on the near-infrared spectroscopy parameters. **Med Sci Sports Exerc**, v.12, p.2062-2071, 2002.

TAKAISHI, T.; YAMAMOTO, T.; ONO, T.; ITO, T.; MORITANI, T. Neuromuscular, metabolic, and kinetic adaptations for skilled pedaling performance in cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, v.30, p.442-449, 1998.

TAKAISHI, T.; YASUDA, Y.; ONO, T.; MORITANI, T. Optimal pedalling rate estimated from neuromuscular fatigue for cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, v.12, p.1492-1497, 1996.

VIITASALO J.T.; KOMI, P.V. Force-time characteristics and fiber composition in human leg extensor muscles. **Eur J Appl Physiol**, v.40, p.7–15, 1978.

WIDRICK, J.J.; FREEDSON, P.S.; HAMILL, J. Effect of internal work on the calculation of optimal pedaling rates. **Med Sci Sports Exerc**, v.24, p.376-382, 1992.

WOOLFORD, S.M.; WITHERS, R.T.; CRAIG, N.P.; BOURDON, P.C.; STANEF, T.; McKENZIE, I. Effect of pedal cadence on the accumulated oxygen deficit, maximal aerobic power and blood lactate transition thresholds of high-performance junior endurance cyclists. **Eur J Appl Physiol**, v.80, p.285-291, 1999.

ZOLADZ, J.A.; DUDA, K.; MAJERCZAK, J.; THOR, P. Effect of different cycling frequencies during incremental exercise on the venous plasma potassium concentration in humans. **Physiol. Res.** v.51, p.581-586, 2002.

ZOLADZ, J.A.; RADEMAKER, A.C.; SARGEANT, A.J. Human muscle power generating capability during cycling at different pedalling rates. **Exp Physiol**, v.85, p.117-124, 2000.

ANEXO I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Este estudo tem como objetivos: a) verificar o efeito do exercício aeróbio realizado com diferentes cadências de pedalada sobre a força muscular, e; b) verificar se o efeito deste exercício aeróbio prévio é dependente do tipo de contração e da velocidade de movimento.

Procedimentos

Avaliação antropométrica

Serão mensuradas as variáveis antropométricas massa corporal (kg) e estatura (cm), através de uma balança Filizola. Para a medida da espessura das dobras cutâneas nas regiões tricipital, suprailíaca e abdominal, será utilizado um compasso de dobras cutâneas Cescorf, com precisão de 0,1 mm. Para a predição dos valores de densidade e composição corporal serão utilizadas respectivamente, as fórmulas propostas por Guedes e Guedes (1998) e Siri (1961).

Determinação da carga correspondente a 10 repetições máximas

Os sujeitos inicialmente executarão um aquecimento composto de alongamento e algumas repetições com uma carga baixa em um aparelho *leg press* 45°. Então serão executadas as tentativas com a carga inicial estimada pela experiência prévia do indivíduo, sendo o intervalo entre cada tentativa de pelo menos 12 horas. Quando o indivíduo conseguir realizar um número maior do que 10 repetições, a carga será incrementada em 10 kg. Da mesma forma, quando o indivíduo realizar um número menor do que 10 repetições, a carga será reduzida em 10 kg. Será considerada como sendo a carga correspondente a 10 repetições máximas a carga em que o indivíduo puder executar 10 repetições completas.

Determinação do número máximo de repetições

Os sujeitos realizarão 3 séries com a carga de 10 repetições máximas até a exaustão sem perda da qualidade de movimento, com 3 minutos de recuperação entre elas. A velocidade de movimento será controlada através de um metrônomo, para que o ritmo das repetições seja mantido constante em 1 s para a fase concêntrica e 1 s para a fase excêntrica.

Determinação da capacidade de saltos

A capacidade de saltos com contramovimento será medida através de uma plataforma eletrônica do tipo Ergojump. Os indivíduos realizarão 3 séries de 10 saltos máximos realizados a cada 2 s, com 3 min de recuperação entre cada série. Para cada condição (C, S50 e S100) será determinada a altura média de salto obtida nas 3 séries.

Teste incremental

Serão feitos dois testes incrementais com rotações mantidas constantes em 50 rev.min⁻¹ e 100 rev.min⁻¹ em um cicloergômetro de frenagem mecânica (BIOTEC 2300, CEFISE, Nova Odessa, Brasil). Os testes iniciarão com carga de 75 W e incrementos de 25 W a cada três minutos até a exaustão voluntária. Será utilizado um ventilador para evitar estresse térmico. A frequência cardíaca (FC) (Polar Vantage NV, Polar Electro Fitness Technology, Kempele, Finland) será anotada no final de cada carga. As amostras de 25 µl de sangue arterializado serão coletadas do lóbulo da orelha nos 20s finais de cada estágio e serão acondicionadas em tubos Eppendorf contendo 50 µl NaF

(1%), para posterior análise eletroquímica do lactato sanguíneo (YSI 2300 STAT, Yelow Springs, Ohio, E.U.A.).

Exercício aeróbio de carga constante

Os indivíduos realizarão nas situações L50 e S50, uma sessão de 30 minutos com rotação mantida constante a 50 rev.min⁻¹ no limiar anaeróbio determinado a 50 rev.min⁻¹. Da mesma forma, nas situações L100 e S100, os indivíduos farão uma sessão de 30 minutos com rotação mantida constante a 100 rev.min⁻¹ no limiar anaeróbio determinado a 100 rev.min⁻¹.

Riscos

Esta pesquisa oferece riscos relacionados à coleta de sangue, porém esta será feita de acordo com os procedimentos de segurança, para reduzir ao máximo os riscos à saúde. Como medidas serão adotadas o uso de material descartável para a coleta, como luvas, capilares e lancetas.

Benefícios

A análise desses resultados poderá trazer informações importantes sobre os mecanismos da influência aguda do exercício aeróbio na força muscular e sugestões de como deve ser a elaboração mais adequada do protocolo de treino para indivíduos ativos e atletas.

Direitos da pessoa submetida ao experimento

Toda pessoa submetida ao experimento terá acesso aos seus dados, assim como aos resultados finais. Nenhum resultado será divulgado ou levado ao conhecimento de pessoas que não participam do estudo, sem a autorização expressa do sujeito submetido ao teste. Todo participante poderá abandonar o estudo a qualquer momento, sem prestar qualquer tipo de esclarecimento, mas devendo comunicar sua decisão ao responsável das coletas o quanto antes. Os resultados poderão ser utilizados para pesquisa, sendo assegurado o anonimato do sujeito, desde que autorizada expressamente neste termo de consentimento. Todas as informações serão mantidas em sigilo.

Eu, _____, portador do RG nº: _____ e CPF nº: _____ tenho ciência dos meus direitos e deveres, concordando em me submeter a este experimento. Desta forma, autorizo a utilização dos dados para fins de pesquisa, bem como a divulgação de seus resultados por meio de qualquer meio de divulgação, desde que seja assegurado o anonimato.

Rio Claro, ____/____/____

(assinatura do voluntário)

Rio Claro, ____/____/____

Profª. Dra. Camila Coelho Greco

ANEXO II

RESULTADOS INDIVIDUAIS DOS SUJEITOS

Tabela 1. Características antropométricas dos sujeitos. N= 12

	Idade (anos)	Massa corporal (kg)	Estatura (cm)	% Gordura (%G)
Sujeito 1	24	88	185	18,35
Sujeito 2	18	80	183	13,65
Sujeito 3	24	66	177	12,86
Sujeito 4	25	83	183	14,61
Sujeito 5	19	70	171	13,54
Sujeito 6	20	62	176	10,39
Sujeito 7	27	75	180	9,8
Sujeito 8	25	82,6	175	17,1
Sujeito 9	18	67	179	12,45
Sujeito 10	30	87	183	17,32
Sujeito 11	22	82	180	18,94
Sujeito 12	24	83,5	180	13,1

Tabela 2. Potência máxima (P_{MAX}), frequência cardíaca máxima (FC_{MAX}) e concentração de lactato máximo ($[lac]_{MAX}$) obtidas durante os testes incrementais realizados a 50 rev.min⁻¹ e 100 rev.min⁻¹ e a carga correspondente a 10 repetições máximas (RM), N = 12

	P_{MAX} 50 (W)	P_{MAX} 100 (W)	FC_{MAX} 50 (bpm)	FC_{MAX} 100 (bpm)	[lac]_{MAX} 50 (mM)	[lac]_{MAX} 100 (mM)	10RM (RM)
Sujeito 1	283,33	275,00	182	187	8,46	10,38	310
Sujeito 2	225,00	225,00	187	178	4,14	4,83	300
Sujeito 3	208,33	183,33	177	164	9,12	8,7	320
Sujeito 4	275,00	250,00	178	178	7,53	8,34	300
Sujeito 5	200,00	200,00	188	181	8,82	9,48	260
Sujeito 6	200,00	200,00	185	187	9,36	9,21	210
Sujeito 7	250,00	275,00	183	196	9,3	17,31	310
Sujeito 8	250,00	250,00	171	177	6,75	8,34	370
Sujeito 9	225,00	250,00	182	186	7,53	9,63	240
Sujeito 10	300,00	300,00	187	186	6,98	7,59	310
Sujeito 11	225,00	200,00	178	181	4,89	6,24	300
Sujeito 12	275,00	250,00	167	172	5,34	7,5	350

Tabela 3. Intensidade correspondente ao LAn, expressa em valor absoluto (LAn), relativo à potência máxima (%Pmax) e frequência cardíaca de LAn (FC_{LAn}) obtidas durante os testes incrementais realizados a 50 rev.min⁻¹ e 100 rev.min⁻¹. N = 12

	P_{LAn} 50 (W)	P_{LAn} 100 (W)	%P_{MAX} 50	%P_{MAX} 100	FC_{LAn} 50	FC_{LAn} 100
Sujeito 1	226,19	185,24	79,83	67,36	162,29	154,1
Sujeito 2	214,40	205,56	95,29	91,36	182,76	169,44
Sujeito 3	154,02	104,80	73,93	57,16	150,41	137,21
Sujeito 4	224,75	188,89	81,73	75,56	169,95	160,33
Sujeito 5	139,04	127,33	69,52	63,67	161,18	154,03
Sujeito 6	152,08	114,80	76,04	57,40	152,33	144,93
Sujeito 7	195,00	160,00	78,00	58,18	155,99	143,79
Sujeito 8	195,57	174,28	78,23	69,71	149,87	157,88
Sujeito 9	182,18	180,02	80,97	72,01	-	-
Sujeito 10	285,22	253,60	95,07	84,53	184,64	-
Sujeito 11	192,44	164,55	85,53	82,28	164,86	167,07
Sujeito 12	253,80	190,66	92,29	76,26	159,37	156,27

Tabela 4. Numero de repetições na primeira série de *leg-press* (1ªLeg), numero de repetições na segunda série de *leg-press* (2ªLeg), numero de repetições na terceira série de *leg-press* (3ªLeg), altura média de salto na primeira série de salto (1ªh), altura média de salto na segunda série de salto (2ªh), altura média de salto na terceira série de salto (3ªh) na condição controle. N = 12

	1ª Leg (rep)	2ª Leg (rep)	3ª Leg (rep)	1ªh (cm)	2ªh (cm)	3ªh (cm)
Sujeito 1	10	10	10	30,58	31,77	32,45
Sujeito 2	10	10	10	30,84	29,77	32,94
Sujeito 3	10	10	10	30,64	30,49	29,68
Sujeito 4	10	10	10	29,8	30,06	30,61
Sujeito 5	10	10	10	31,96	31,68	31,8
Sujeito 6	10	10	10	34,25	33,67	32,89
Sujeito 7	13	7	9	40,09	38,61	38,08
Sujeito 8	11	8	12	31,73	32,1	31,91
Sujeito 9	11	8	8	31,61	28,83	30,33
Sujeito 10	16	9	7	28,14	28,54	27
Sujeito 11	16	7	8	-	-	-
Sujeito 12	15	10	9	-	-	-

Tabela 5. Numero de repetições na primeira série de *leg-press* (1ªLeg), numero de repetições na segunda série de *leg-press* (2ªLeg), numero de repetições na terceira série de *leg-press* (3ªLeg), altura média de salto na primeira série de salto (1ªh), altura média de salto na segunda série de salto (2ªh), altura média de salto na terceira série de salto (3ªh) na condição experimental 50 rev.min⁻¹. N = 12

	1ª Leg (rep)	2ª Leg (rep)	3ª Leg (rep)	1ªh (cm)	2ªh (cm)	3ªh (cm)
Sujeito 1	10	10	10	29,25	28,95	27,85
Sujeito 2	10	10	10	30,31	32,02	30,98
Sujeito 3	10	10	10	26,75	28,47	29,08
Sujeito 4	10	10	10	28,03	29,6	30,7
Sujeito 5	10	10	10	26,07	26,29	26,97
Sujeito 6	10	10	10	33,68	30,93	30,21
Sujeito 7	9	8	7	37,52	35,89	34,64
Sujeito 8	7	9	8	24,12	32,53	29,81
Sujeito 9	10	4	8	29,04	26,42	25,81
Sujeito 10	10	9	9	25,45	26,12	24,88
Sujeito 11	8	9	10	-	-	-
Sujeito 12	10	11	10	-	-	-

Tabela 6. Numero de repetições na primeira série de *leg-press* (1ªLeg), numero de repetições na segunda série de *leg-press* (2ªLeg), numero de repetições na terceira série de *leg-press* (3ªLeg), altura média de salto na primeira série de salto (1ªh), altura média de salto na segunda série de salto (2ªh), altura média de salto na terceira série de salto (3ªh) na condição experimental 100 rev.min⁻¹. N = 12

	1ª Leg (rep)	2ª Leg (rep)	3ª Leg (rep)	1ªh (cm)	2ªh (cm)	3ªh (cm)
Sujeito 1	8	9	4	31,28	30,82	31,11
Sujeito 2	10	6	3	33	29,61	28,72
Sujeito 3	10	9	5	30,74	29,91	30,26
Sujeito 4	10	10	10	31,15	31,85	33,34
Sujeito 5	10	10	5	27,31	29,98	29,72
Sujeito 6	10	10	10	29,99	31,3	30
Sujeito 7	5	6	4	40,16	38,49	37,57
Sujeito 8	7	7	6	29,36	28,31	27,32
Sujeito 9	5	2	3	29,7	28,63	27,17
Sujeito 10	9	8	8	28,07	27,51	23,23
Sujeito 11	9	9	7	-	-	-
Sujeito 12	12	11	5	-	-	-