
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS**

**Respostas fisiológicas agudas ao exercício com pesos:
comparação entre sessões executadas com alta e baixa
intensidade de carga, com e sem restrição de fluxo
sanguíneo**

Andrei Sancassani

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do
Campus de Rio Claro, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Doutor em Desenvolvimento Humano
e Tecnologias.

**Rio Claro – SP
2022**

**Respostas fisiológicas agudas ao exercício com pesos:
comparação entre sessões executadas com alta e baixa
intensidade de carga, com e sem restrição de fluxo
sanguíneo**

ANDREI SANCASSANI

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do
Campus de Rio Claro, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos para obtenção
do título de doutor em Desenvolvimento Humano e
Tecnologias.

Orientador: Prof. Dr. Dalton Müller Pessoa Filho

Co-orientador: Prof. Dr. Anderson Geremias
Macedo

**Rio Claro – SP
2022**

S199r	Sancassani, Andrei Respostas fisiológicas agudas ao exercício com pesos : Comparação entre sessões executadas com alta e baixa intensidade de carga, com e sem restrição de fluxo sanguíneo / Andrei Sancassani. -- Rio Claro, 2022 90 p. : tabs. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro Orientador: Dalton Müller Pessoa Filho Coorientador: Anderson Geremias Macedo 1. Isquemia. 2. Consumo de oxigênio. 3. Lactato sanguíneo. 4. Gasto energético. 5. Treino de força. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Respostas fisiológicas agudas ao exercício com pesos: comparação entre sessões executadas com alta e baixa intensidade de carga, com e sem restrição de fluxo sanguíneo

AUTOR: ANDREI SANCASSANI

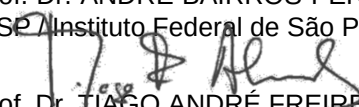
ORIENTADOR: DALTON MULLER PESSÔA FILHO

COORDENADOR: ANDERSON GEREMIAS MACEDO

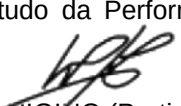
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS, área: Tecnologias nas Dinâmicas Corporais pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. DALTON MULLER PESSÔA FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP



Prof. Dr. ANDRÉ BAIROS PERES (Participação Virtual)
IFSP / Instituto Federal de São Paulo - Campus Piracicaba / SP



Prof. Dr. TIAGO ANDRÉ FREIRE DE ALMEIDA (Participação Virtual)
Centro Interdisciplinar do Estudo da Performance Humana / Faculdade de Motricidade Humana - CIPER - Lisboa / Portugal



Prof. Dr. WONDER PASSONI HIGINO (Participação Virtual)
Centro de Ciência Aplicada à Educação e Saúde - Educação Física / Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Muzambinho / MG



Prof. Dr. DAVID MICHEL DE OLIVEIRA (Participação Virtual)
Unidade Acadêmica Ciências da Saúde / Departamento de Educação Física / UFJ - Universidade Federal de Jataí - GO

Rio Claro, 22 de fevereiro de 2022

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Dalton Müller Pessoa Filho, pela condução desta pesquisa, pela disponibilidade, confiança, amizade, por seus ensinamentos e orientações na construção do conhecimento.

A minha família pelo apoio e compreensão.

Ao Prof. Dr. Anderson Geremias Macedo pela co-orientação deste trabalho.

Aos integrantes do Laboreh, pela ajuda e companheirismo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O treino resistido (TR) com restrição de fluxo sanguíneo (TR_{Low_RFS}) tem demonstrado efetividade similar aos protocolos de treino com alta intensidade de carga (TR_{High_Conv}), quanto às alterações da massa e força muscular. Entretanto, o gasto energético (GE) e a contribuição de cada metabolismo para GE não apresentam estudos conclusivos. Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar GE e a contribuição energética durante a execução de TR_{Low_RFS} e TR_{High_Conv}. Avaliou-se sete homens treinados (26±4 anos, 85,3±17,2 kg, 178,6±7,9 cm e 16,9±4,9% de gordura corporal) quanto à força pelo teste de uma repetição máxima (1RM) e aptidão cardiorrespiratória ($\dot{V}O_{2max}$) pelo teste incremental máximo em esteira. Os participantes executaram os seguintes protocolos de treino: (i) TR_{Low_RFS} (30%1RM) e (ii) TR_{High_Conv} (70%1RM). O protocolo TR_{Low_RFS} constituiu-se em três séries, 15 repetições, 30 segundos de recuperação entre as séries e três minutos entre os diferentes exercícios. O TR_{High_Conv} foi composto de três séries, 12 repetições, 60 segundos de recuperação entre as séries e dois minutos entre os exercícios. Os exercícios executados em cada protocolo foram os mesmos, ou seja: supino reto (SR), remada horizontal (RH), tríceps na polia (TP), rosca direta (RD), cadeira extensora (CE), mesa flexora (MF), leg-press 45° (LP45) e panturrilha no leg press 45° (PLP). O GE foi estimado por três modelos diferentes, pelas respostas do consumo de oxigênio durante e após o exercício (EqO_{2ON} e EqO_{2EPOC}, respiração-a-respiração por uma unidade CPET portátil), bem como pelo delta de resposta do lactato sanguíneo nos exercícios (EqO_{2[La-]}). Para comparar as diferenças de GE entre os protocolos de treino e os modelos de estimativa empregou-se ANOVA *two-way* (*post-hoc* de Tukey), com nível de significância ajustado em $p \leq 0,05$. Os resultados demonstraram que TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} apresentaram valores para GE no modelo EqO_{2ON}+EqO_{2EPOCTotal}+EqO_{2[La-]} (36,1±7,0 e 37,3±9,3 L ou 158,7±62,4 e 182,9±45,5 kcal) maiores quando comparados ao GE no modelo EqO_{2ON}+EqO_{2[La-]}+EqO_{2EPOCFast} (24,3±5,6 e 27,8±6,6 L ou 108,6±44,3 e 141,0±34,5 kcal, $p = 0,05$). Todavia, os valores de GE estimados para TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} pelo modelo EqO_{2ON}+EqO_{2EPOCTotal} (30,4±6,1 e 27,8±7,0 L ou 150,1±34,7 e 135,2±34,2 kcal) diferiu-se apenas do protocolo TR_{Low_RFS} no modelo EqO_{2ON}+EqO_{2EPOCTotal}+EqO_{2[La-]} ($p = 0,05$) e dos protocolos TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} no modelo EqO_{2ON}+EqO_{2[La-]}+EqO_{2EPOCFast} ($p = 0,05$ e $0,05$). A resposta do lactato sanguíneo foi menor após o treino TR_{High_Conv} (6,2±1,5 mmol×L⁻¹) se comparado ao TR_{Low_RFS} (8,9±2,2 mmol×L⁻¹, $p = 0,02$). Portanto, a contribuição anaeróbia (i.e., EqO_{2[La-]}+EqO_{2EPOCFast}) foi maior no protocolo TR_{Low_RFS} se comparado ao TR_{High_Conv} (15,7±2,8 vs. 13,2±2,4 L, $p < 0,01$). Porém, a resposta do oxigênio na recuperação (i.e., EqO_{2EPOCTotal}) foi maior no protocolo TR_{High_Conv} se comparado ao TR_{Low_RFS} (20,1±4,7 vs. 15,9±4,2 L, $p = 0,02$). Conclui-se que a estimativa de GE no treino resistido é dependente do modelo matemático de estimativa, sendo o maior valor obtido para o modelo que considera uma maior quantidade de parâmetros fisiológicos para a estimativa de GE. No entanto, o protocolo TR_{High_Conv} proporciona um valor mais elevado de GE ocasionado pela maior quantidade de oxigênio usado no processo de recuperação após o exercício, apesar da maior atividade glicolítica anaeróbia observado para o TR_{Low_RFS}.

Palavras-chave: Isquemia, consumo de oxigênio, lactato sanguíneo, gasto energético, treino de força

ABSTRACT

Resistance training (RT) with blood flow restriction (RT_{Low_BFR}) has shown similar effectiveness to training protocols with high intensity load (RT_{High_Conv}), regarding changes in muscle mass and strength. However, energy expenditure (EE) and the contribution of each metabolism to EE do not present conclusive studies. Therefore, the objective of this work was to determine EE and energetics during the execution of RT_{Low_BFR} and RT_{High_Conv}. Seven trained men (26±4 years, 85.3±17.2 kg, 178.6±7.9 cm and 16.9±4.9% body fat) were evaluated for strength by the one-repetition test maximal (1RM), cardiorespiratory fitness ($\dot{V}O_{2max}$) by maximal incremental treadmill test. Participants performed the following training protocols: (i) RT_{Low_BFR} (30%1RM) and (ii) RT_{High_Conv} (70%1RM). The RT_{Low_BFR} protocol consisted of three sets, 15 repetitions, 30 seconds of recovery between sets and three minutes between different exercises. The RT_{High_Conv} consisted of three sets, 12 repetitions, 60 seconds of recovery between sets and two minutes between exercises. The exercises performed in each protocol were the same, that is: bench press (BP), horizontal row (HR), triceps on the pulley (TP), byceps curl (BC), leg extension (LE), leg flexion (LF), leg-press 45° (LP45) and calf on leg press 45° (CLP). The EE was estimated by three different models, by the oxygen uptake responses during and after exercise (EqO_{2ON} and EqO_{2EPOC}, breath-by-breath by a portable CPET unit), as well as by the blood lactate delta response after training (EqO_{2[La-]}). To compare the differences in EE between the training protocols and the estimation models, two-way ANOVA (Tukey's *post-hoc*) was used, with a significance level set at $p \leq 0.05$. The results showed that RT_{High_Conv} and RT_{Low_BFR} presented values for EE in the EqO_{2ON}+EqO_{2EPOCTotal}+EqO_{2[La-]} model (36.1±7.0 and 37.3±9.3 L or 158.7±62.4 and 182.9±45.5 kcal) higher when compared to EE in the EqO_{2ON}+EqO_{2[La-]}+EqO_{2EPOCFast} model (24.3±5.6 and 27.8±6.6 L or 108.6±44.3 and 141.0±34.5 kcal, $p = 0.05$). However, the EE values estimated for RT_{High_Conv} and RT_{Low_BFR} by the EqO_{2ON}+EqO_{2EPOCTotal} model (30.4±6.1 and 27.8±7.0 L or 150.1±34.7 and 135.2±34.2 kcal) differed only from the RT_{Low_BFR} protocol in the EqO_{2ON}+EqO_{2EPOCTotal}+EqO_{2[La-]} protocol ($p = 0.05$) and from the RT_{High_Conv} and RT_{Low_BFR} protocols in the EqO_{2ON}+EqO_{2[La-]}+EqO_{2EPOCFast} model ($p = 0.05$ and 0.05). Blood lactate response was lower after training RT_{High_Conv} (6.2±1.5 mmol×L⁻¹) compared to RT_{Low_BFR} (8.9±2.2 mmol×L⁻¹, $p = 0.02$). Therefore, the anaerobic contribution (i.e., EqO_{2[La-]}+EqO_{2EPOCFast}) was higher in the RT_{Low_BFR} protocol compared to the RT_{High_Conv} (15.7±2.8 vs. 13.2±2.4 L, $p < 0.01$). However, the oxygen response on recovery (i.e., EqO_{2EPOCTotal}) was higher in the RT_{High_Conv} protocol compared to the RT_{Low_BFR} (20.1±4.7 vs. 15.9±4.2 L, $p = 0.02$). It is concluded that the estimation of EE in resistance training is dependent on the mathematical model of estimation, being the highest value obtained for the model that considers a greater number of physiological parameters for the estimation of EE. However, the RT_{High_Conv} protocol provides a higher EE value caused by the greater amount of oxygen used in the recovery process after exercise, despite the higher anaerobic glycolytic activity observed for the RT_{Low_BFR}.

Keywords: Ischemia, oxygen uptake, blood lactate, energy expenditure, strength training

LISTA DE ABREVIATURAS

Lista de abreviaturas empregadas no texto, descritas em ordem alfabética

Sigla	Descrição
[La ⁻]	concentração de lactato sanguíneo
ΔLa^-	delta de lactato
β	Equivalente de O ₂ para 1 mmol×L ⁻¹ de lactato
τ_1	constante de ajuste temporal da fase 1
τ_2	constante de ajuste temporal da fase 2
<i>e</i>	algarismo neperiano
η^2_p	eta quadrado parcial
<i>t</i>	tempo
A ₁	amplitude da fase 1
A ₂	amplitude da fase 2
CE	cadeira extensora
CO ₂	gás carbônico
CT	carga de trabalho
DEXA	absorciometria de raios-x de dupla energia
DP	desvio-padrão
EPOC	consumo de oxigênio pós-exercício em excesso
EqO ₂ [La ⁻]	gasto energético anaeróbio lático
EqO ₂ Alat	gasto energético anaeróbio alático
FC	frequência cardíaca
FC _{max}	frequência cardíaca máxima
GE	gasto energético
IC ₉₅	% intervalo de confiança de 95%
IMC	índice de massa corporal
K	Constante de conversão de O ₂
LP45	leg press 45°
mc	massa corporal
MF	mesa flexora
MG	massa gorda
MIG	massa isenta de gordura
NTR	número total de repetições

O ₂	oxigênio
PA	pressão arterial
PAD	pressão arterial diastólica
PAMédia	pressão arterial média
PAS	pressão arterial sistólica
PLP	panturrilha no leg press 45°
PSE	percepção subjetiva de esforço
QR	quociente respiratório
RD	rosca direta
RFS	restrição de fluxo contínuo
RH	remada horizontal
RM	repetição máxima
SQ	somatório dos quadrados
SR	supino reto
TD ₁	constante de atraso da resposta de $\dot{V}O_2$ da fase 1
TD ₂	constante de atraso da resposta de $\dot{V}O_2$ da fase 2
TP	tríceps na polia alta
TR	treino resistido
TR _{High_Conv}	treino resistido convencional de alta intensidade
TR _{Low_RFS}	treino resistido de baixa intensidade com restrição de fluxo contínuo
$\dot{V}CO_2$	volume consumo de gás carbônico
$\dot{V}_E$	volume expiratório
$\dot{V}O_2$	volume de consumo de oxigênio
$\dot{V}O_{2max}$	volume máximo de consumo de oxigênio

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Delineamento experimental	36
Figura 2 - Representação dos modelos adotados para obtenção do custo energético. Modelo #1: $\text{EqO}_{2\text{ON}} + \text{EqO}_{2[\text{La-}]} + \text{EqO}_{2\text{EPOCFast}}$; Modelo #2: $\text{EqO}_{2\text{ON}} + \text{EqO}_{2\text{EPOCTotal}}$; Modelo #3: $\text{EqO}_{2\text{ON}} + \text{EqO}_{2[\text{La-}]} + \text{EqO}_{2\text{EPOCTotal}}$	44
Figura 3 - Comparação da porcentagem de ativação do metabolismo anaeróbio láctico entre os protocolos $\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$ e $\text{TR}_{\text{High_Conv}}$, em comparação com resposta durante o teste incremental. SR: supino reto; RH: remada horizontal; TP: tríceps polia; RD: rosca direta; CE: cadeira extensora; MF: mesa flexora; LP45: leg press 45°; PLP: panturrilha leg press 45°; EE: valor ao final da sessão. *, Diferença estatística entre $\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$ e $\text{TR}_{\text{High_Conv}}$. (N=7).....	50
Figura 4 - Comparação da porcentagem de ativação do metabolismo aeróbio entre os protocolos $\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$ e $\text{TR}_{\text{High_Conv}}$, em comparação com o $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{max}}$ durante o teste incremental. SR: supino reto; RH: remada horizontal; TP: tríceps polia; RD: rosca direta; CE: cadeira extensora; MF: mesa flexora; LP45: leg press 45°; PLP: panturrilha leg press 45°; EE: valor ao final da sessão. *, Diferença estatística entre $\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$ e $\text{TR}_{\text{High_Conv}}$. (N=7).....	52
Figura 5 – Comparação do EqO_2 da sessão entre os modelos. Valores em média $\pm$ DP. † Diferença estatística com o modelo 1 ($p<0,05$); # Diferença estatística com o modelo 2 ($p<0,05$); ** Diferença estatística entre o $\text{TR}_{\text{High_Conv}}$ e $\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$ ($p<0,05$). (N=9)	53
Figura 6 – Média do percentual da contribuição de cada variável energética em (EqO_2L) modelo #1 (Painel A), modelo #2 (Painel B) e modelo #3 (Painel C) para os protocolos $\text{TR}_{\text{High_Conv}}$ e $\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$. Valores em média. (N=9)..	54
Figura 7 - Comparação do GE na sessão entre os modelos. Valores em média $\pm$ DP. † Diferença estatística com o modelo 1 ($p<0,05$); * Diferença estatística com o modelo 2 ($p<0,05$). (N=9)	55
Figura 8 - Média do percentual da contribuição de cada variável energética em unidade de kcal, modelo #1 (Painel A), modelo #2 (Painel B) e modelo #3 (Painel C) para os protocolos $\text{TR}_{\text{High_Conv}}$ e $\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$. Valores em média. (N=9)	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela descritiva das variáveis encontradas durante teste incremental em esteira. Valores em média $\pm$ DP. (N=7).....	46
Tabela 2 - Variáveis de desempenho. Valores em média $\pm$ DP. (N=10).....	47
Tabela 3 - Variáveis cardiorrespiratórias. Valores em média $\pm$ DP. (N=10).....	48
Tabela 4 - Ativação do metabolismo anaeróbio láctico durante os protocolos. Valores em média $\pm$ DP. (N=10).....	49
Tabela 5 – Ativação do metabolismo aeróbio durante os protocolos. Valores em média $\pm$ DP. (N=9).....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Protocolos de treinamento.....	40
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Treino resistido convencional e com restrição de fluxo sanguíneo.....	14
2.2 Interação perceptual e fisiológica no treino resistido	16
2.3 Especificidade das respostas cardiovasculares e hemodinâmicas ao treino resistido	19
2.4 Especificidade das respostas metabólicas ao treino resistido.....	21
3 JUSTIFICATIVA.....	33
4 OBJETIVOS.....	35
4.1 Objetivo geral:.....	35
4.2 Objetivos específicos:.....	35
5 HIPÓTESES.....	36
6 MÉTODOS	37
6.1 Amostra	37
6.2 Delineamento experimental.....	37
6.3 Composição regional e corporal.....	38
6.4 Teste incremental máximo	38
6.5 Avaliação de uma repetição máxima (1 RM).....	39
6.6 Protocolo de Treino Resistido	39
6.7 Restrição de Fluxo Sanguíneo (RFS)	42
6.8 Coleta e avaliação do lactato sanguíneo	42
6.9 Gasto energético anaeróbio alático da atividade ($\text{EqO}_{2\text{Alat}}$)	43
6.10 Gasto energético anaeróbio láctico da atividade ($\text{EqO}_{2[\text{La}^-]}$)	45
6.11 Tratamento estatístico.....	47
7 RESULTADOS.....	49
8 DISCUSSÃO	62
9 CONCLUSÃO	72
10 REFERÊNCIAS.....	73
ANEXO A.....	85

1 INTRODUÇÃO

O treino resistido está bem estabelecido como uma intervenção viável para melhorar as respostas fisiológicas e promover alterações metabólicas associadas à concentração de lactato, $\dot{V}O_2$ e gasto energético (STEC; RAWSON, 2012; SCOTT *et al.*, 2009; JOÃO *et al.*, 2020). Uma resposta importante decorrente das alterações fisiológicas promovidas pelo treino resistido é o estímulo dos perfis metabólicos aeróbio e anaeróbio, gerando um aumento do gasto energético, sendo a caracterização desse gasto um importante fator para nortear os objetivos do treino. No entanto, o treino resistido convencional de alta intensidade apesar de promover ganhos de força muscular, hipertrofia e alterações na composição corporal (KRAEMER *et al.*, 2002; RATAMESS *et al.*, 2009), pode não ser adequado para todos os tipos de população (ou seja, idosos, pacientes com comorbidades, patologias osteoarticulares e atletas em recuperação de lesões), pois pode gerar um estresse mecânico excessivo sobre as articulações (KARABULUT *et al.*, 2007; LOENNEKE *et al.*, 2012) e cardiovascular, podendo promover um aumento exacerbado da pressão arterial e gerando um evento adverso (FORJAZ *et al.*, 2003).

Originalmente a técnica de restrição de fluxo associado ao treinamento resistido foi utilizada para essas populações com restrições ao uso de cargas de alta intensidade e as respostas oriundas dessas pesquisas mostraram que mesmo com a baixa carga, mas associada a técnica, foi alcançado resultados similares em ganho de força e hipertrofia e, portanto, para essa população pode ser uma alternativa de treino. Entretanto, nos últimos anos essa técnica tem se mostrado como uma intervenção eficaz também em pessoas saudáveis para produzir adaptações funcionais (força, potência e resistência muscular), morfológicas (hipertrofia) e metabólicas (concentração de lactato, $\dot{V}O_2$) equivalente ao treino de alta intensidade

(AVILA *et al.*, 2016; ARAÚJO *et al.*, 2018; LIXANDRÃO *et al.*, 2018; YANAGISAWA; FUKUTANI, 2018; PFEIFFER *et al.*, 2019). Embora, tais adaptações tenham sido confirmadas, pouco se sabe sobre o gasto energético e as demandas dos metabolismos durante o treino resistido com restrição de fluxo sanguíneo.

Devido às dificuldades inerentes na mensuração direta de gasto energético, a análise pela permuta gasosa pulmonar e lactato sanguíneo são parâmetros usualmente empregados para estimar a demanda energética e a contribuição dos metabolismos aeróbio e anaeróbios durante o exercício (ANICETO *et al.*, 2013; MAGOSSO *et al.*, 2017). Embora a medida do consumo de oxigênio forneça uma representação da produção aeróbia de energia, há necessidade de se estimar também a contribuição energética do metabolismo glicolítico anaeróbio, que é relevante durante o treino resistido, devido aos esforços de curta duração e alta intensidade que demandam um aumento contínuo da reposição do consumo de oxigênio, elevado déficit de oxigênio e acúmulo de lactato sanguíneo (SCOTT *et al.*, 2006b; SCOTT *et al.*, 2011a; ANICETO *et al.*, 2013). Por isso, a demanda energética total, a contribuição dos metabolismos e, de uma forma geral, o estresse metabólico total de um exercício são melhores estimados se considerado o consumo de oxigênio em excesso após o exercício (EPOC) (MAGOSSO *et al.*, 2017; JOÃO *et al.*, 2020).

Os estudos que quantificaram a demanda energética reportaram que as contribuições dos diferentes metabolismos envolvidos dependem das variáveis a serem incluídas no método de estimação (i.e., modelo energético). Por exemplo, a demanda aeróbia pode ser considerada maior (~70%) que a demanda anaeróbia (~30%) se o EPOC for considerado como parte do metabolismo aeróbio e, portanto, superestimando a participação aeróbia (SCOTT *et al.*, 2006). Todavia, ao considerar as respostas dessas variáveis separadamente durante a execução de uma série para

um único exercício resistido, observou-se menor contribuição aeróbia (~7 a 10%), um componente glicolítico elevado (~41 a 51%), assim como o total de EPOC medido (~40 a 52%) (SCOTT *et al.*, 2011a). Porém, as respostas dessas mesmas variáveis para uma execução de oito exercícios com três séries atingiram 21,4%, 8% e 70,6%, respectivamente para a contribuição aeróbia, componente glicolítico e volume total do EPOC (ANICETO *et al.*, 2013). Provavelmente, essa contribuição reduzida da via anaeróbia pela medida da reposta do lactato sanguíneo ocorreu devido ao aumento da utilização da via aeróbia, decorrente da maior quantidade de séries e exercícios, dessa forma aumentando a participação dessa via energética de forma a proporcionar energia para essa atividade com maior tempo de duração. Outro possível fator é volume total do treino, pesquisas indicam que protocolos com maior volume apresentam maior $\dot{V}O_2$ (HUNTER *et al.*, 1988; HADDOCK; WILKIN, 2006; FARINATTI *et al.*, 2009), assim diminuindo a participação glicolítica.

Desse modo, devido à presença de diferentes interpretações da medição de gasto energético levanta-se a questão sobre a existência de um modelo de quantificação mais adequado para obter uma informação mais precisa e/ou completa sobre o consumo total de energia no treinamento resistido. Além disso, temos como objetivo observar se há diferença do gasto energético e da contribuição dos metabolismos entre um treinamento convencional de alta intensidade e de baixa intensidade com restrição durante uma simulação de protocolo em uma situação ecológica de programa de treino, visto que há uma lacuna quanto à questão da demanda energética em protocolos com restrição de fluxo sanguíneo. Acredita-se que com a aplicação da técnica de restrição de fluxo, ocorra o aumento da intensidade promovendo um maior estresse anaeróbio, e conseqüentemente a elevação do gasto energético equivalente a sessão de treinamento de alta intensidade. No entanto, outro

fator a ser levado em consideração são os diferentes modelos de quantificação energética, devendo resultar em diferentes valores totais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Treino resistido convencional e com restrição de fluxo sanguíneo

O treino resistido pode ser caracterizado como um conjunto de ações dinâmicas em segmentos musculares que visam desenvolver e ou manter as qualidades físicas relacionadas com as estruturas músculo-articulares (BITTENCOURT, 1986). Este método é recomendado para ganhos de força e hipertrofia e mudanças da composição corporal, principalmente com altas cargas ($\geq 60\%$ de 1RM) (RATAMESS *et al.*, 2009). Nas últimas décadas tem sido investigados as respostas agudas do treino resistido de alta intensidade principalmente sobre os parâmetros cardiovasculares, metabólicos e energético (BOUSHEL *et al.*, 1996; THORNTON; POTTEIGER 2002; PINTO *et al.*, 2011; SCOTT *et al.*, 2011a; POTION; POLITO, 2014).

Em relação as respostas cardiovasculares, o treino de alta intensidade tem mostrado aumentos da frequência cardíaca, pressão arterial sistólica e duplo produto (BOUSHEL *et al.*, 1996; FLECK, 2003; POTION; POLITO, 2014). Já em relação as respostas metabólicas e energéticas o que vem se demonstrando é um impacto metabólico significativo promovendo um aumento agudo de concentração de lactato sanguíneo, consumo de oxigênio e um gasto energético entre 64 e 342 kcal por sessão (THORNTON; POTTEIGER 2002; da SILVA *et al.*, 2010; PINTO *et al.*, 2011). Entretanto, estas investigações apresentam-se limitadas sendo mostrado estas respostas principalmente frente apenas na execução de um único exercício e analisando todas estas variáveis citadas separadamente limitando a caracterização das respostas em conjunto frente à mesma sessão.

O exercício associado a restrição de fluxo sanguíneo conhecido como “KAATSU training” consiste na aplicação de manguitos pressurizados na porção

proximal nos membros superiores e inferiores (POPE *et al.*, 2013), ocorrendo a redução do fluxo sanguíneo para os músculos envolvidos durante o exercício. O treinamento resistido com baixa carga (20% a 30% 1RM) associado a restrição de fluxo sanguíneo é um método de treino que promove menor estresse mecânico, podendo ser utilizado por indivíduos com comorbidades, patologias osteoarticulares e em processo de reabilitação, promovendo desenvolvimento de força e massa muscular similares ao treinamento convencional de alta intensidade (NAKAJIMA *et al.*, 2006; CLARK *et al.*, 2011; LOENNEKE *et al.*, 2012; POPE *et al.*, 2013; PARAVLIC *et al.*, 2015; HWANG *et al.*, 2020).

As respostas fisiológicas agudas associadas a restrição de fluxo ao treino resistido de baixa intensidade ainda são escassas quanto aos estímulos cardiovasculares, energéticos e metabólicos promovidos pela sessão de treino, sendo tais respostas, quando analisadas, apresentadas como estímulos da execução de um único exercício ou diferentes exercícios para os mesmos segmentos corporais. O treino de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo parece promover maiores respostas da frequência cardíaca, duplo produto e pressão arterial (FOSTER *et al.*, 2001; KARABULUT; GARCIA, 2017; FUSCO *et al.*, 2020), assim como, diminuição da disponibilidade e remoção de metabólitos acarretando maiores aumentos nos níveis de concentração de lactato, $\dot{V}O_2$ e EPOC. Esse aumento do consumo de oxigênio observado em exercícios aeróbios (caminhada, bicicleta) de mesma intensidade é decorrente do estresse periférico e central causados pela hipóxia tecidual (pela técnica de restrição de fluxo sanguíneo), em decorrência dessas respostas os ajustes crônicos observados são o aumento do fator de crescimento endotelial vascular e assim, aumentando a capacidade oxidativa do músculo e

angiogênese (PARK *et al.*, 2010; POPE *et al.*, 2013; de OLIVEIRA *et al.*, 2015; THOMAS *et al.*, 2018).

Em relação ao gasto energético, outras modalidades de exercícios associados a restrição de fluxo sanguíneo mostraram maiores aumentos de CO₂, íons H⁺ e lactato pela hipótese de que durante o exercício com restrição ocorre redução da oferta e consumo de oxigênio e acúmulo metabólitos intramuscular, causando maior recrutamento de neurônios aferentes do grupo III e IV¹, e assim aumentar o recrutamento de fibras musculares do tipo II para manter a tensão necessária para sustentar o nível de esforço (YASUDA *et al.*, 2010; LOENNEKE *et al.*, 2011; PFEIFFER *et al.*, 2019).

2.2 Interação perceptual e fisiológica no treino resistido

O monitoramento da carga interna é importante para processo de prescrição e periodização do treino resistido (MORISHITA *et al.*, 2018). Algumas variáveis do treino como intensidade, volume, intervalo e ordem dos exercícios podem influenciar as respostas do monitoramento da carga interna (SCOTT *et al.*, 2016). Dentre as ferramentas para monitoramento da carga interna temos a percepção subjetiva de esforço e lactato (FOSTER *et al.*, 2001; FUSCO *et al.*, 2020). Alguns autores têm sugerido que a percepção subjetiva de esforço é uma ferramenta válida para o monitoramento da carga interna do treino resistido e a prática do treino de alta intensidade promove maiores respostas da percepção subjetiva de esforço, composta

¹ As fibras aferentes dos grupos III e IV respondem à redução do O₂ do tecido e ao acúmulo de CO₂, H⁺ e metabólitos com distensão venosa periférica ou ação vasodilatadora e podem estimular a ativação muscular diretamente ou através do feedback sensorial alterado.

em um único exercício (SUMINSKY *et al.*, 1997; LAGALLY *et al.*, 2002) ou em uma sequência de exercícios (GEAHART *et al.*, 2002; DAY *et al.*, 2004).

Da mesma forma o lactato é outro marcador importante para carga interna sendo sensível principalmente com relação à intensidade do treino (BENEKE *et al.*, 2011; HALSON, 2014). A prática do treino resistido de alta intensidade tem apresentado altos valores da concentração plasmática de lactato (ROZENEK *et al.*, 1993; SUMINSKY *et al.*, 1997; LAGALLY *et al.*, 2002). Outra característica deste treino é gerar um ambiente mais ácido, mesmo apresentando menores números de repetições, assim estimulando terminações nervosas nas células musculares, mecanorreceptores e quimiorreceptores, causando desconforto e dor (SUMINSKY *et al.*, 1997; LAGALLY *et al.*, 2002).

A restrição de fluxo combinado com o treino resistido tem influenciado a percepção subjetiva de esforço e o lactato. Isto parece ocorrer devido a compressão do manguito promover maior desconforto durante as contrações musculares e reduzir o fluxo sanguíneo, resultando em um aumento do acúmulo de metabólitos (SUGA *et al.*, 2009; WERNBOM *et al.*, 2009; POPE *et al.*, 2013; VIEIRA *et al.*, 2015; ANICETO *et al.*, 2021). Os estudos reportam maiores valores de percepção subjetiva de esforço e lactato quando os protocolos apresentam o mesmo volume de trabalho (YASUDA *et al.*, 2010; 2012; MAY *et al.*, 2017). Dessa forma demonstrando que a restrição de fluxo sanguíneo promove uma maior carga interna de trabalho em volumes equalizados na condição de baixas cargas, assim aumentando a intensidade da sessão de treino (LOENNEKE *et al.*, 2010; 2011).

Quando comparados, o treino convencional de alta intensidade e o treino de baixa intensidade com restrição de fluxo apresentam resultados divergentes. Alguns achados mostram que os valores da percepção subjetiva de esforço e lactato podem

ser similares (HOLLANDER *et al.*, 2010; MANINI *et al.*, 2012; ANICETO *et al.*, 2021) ou valores superiores ao de alta carga (POTON; POLITO, 2014; VIEIRA *et al.*, 2015; KIM *et al.*, 2017). Esses resultados parecem independender do exercício, podendo ser observados tanto em membros superiores quanto em membros inferiores (ANICETO *et al.*, 2021). Como demonstrado por Hollander *et al.* (2010) nos exercícios de flexão de cotovelo e flexão plantar de tornozelo até a exaustão, onde ambos apresentaram mesma percepção subjetiva em relação ao treino de alta intensidade.

Em relação a influência da carga de treino sobre a percepção subjetiva de esforço e lactato nos protocolos de alta intensidade e baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, Vieira *et al.* (2014) observaram valores similares de concentração de lactato na flexão de cotovelo, porém maiores valores de percepção subjetiva de esforço no protocolo com restrição de fluxo, mesmo este apresentando menor carga de treino. Poton e Polito (2014) observaram o mesmo resultado com relação ao exercício de extensão de pernas. Já Manini *et al.* (2012) demonstraram que mesmo um protocolo de baixa intensidade com restrição de fluxo para membros inferiores com menor volume tiveram respostas de percepção de esforço e lactato sem diferença estatística do treino de alta intensidade. Entretanto as sessões de treino resistido realizadas no ambiente de academias não envolvem apenas um exercício, mas uma sequência de exercícios, e as respostas de carga interna dessa forma carecem na literatura. Portanto é importante investigar as repostas da carga de treino frente a vários exercícios na mesma sessão de treino resistido sobre a percepção subjetiva de esforço e lactato envolvendo a restrição de fluxo sanguíneo para se obter um melhor controle do estresse fisiológico imposto por este tipo de prescrição, assim como relacioná-la a outras variáveis, como a ativação das vias metabólicas durante a atividade.

2.3 Especificidade das respostas cardiovasculares e hemodinâmicas ao treino resistido

Já está bem estabelecido na literatura que durante o desempenho do treino resistido ocorre os aumentos das respostas da frequência cardíaca, duplo produto e pressão arterial devido ao aumento da ativação do sistema nervoso simpático (MACDOUGALL *et al.*, 1985; FLECK, 1988; 2003; FLECK; DEAN, 1987). No processo de contração isotônica o componente estático promove a estimulação do mecanorreflexo por meio da deformação e principalmente pela magnitude da tensão muscular, característico principalmente do treino de alta intensidade ($> 60\%$ 1RM) e pela compressão mecânica dos vasos durante a contração ocorre a redução do fluxo sanguíneo aumentando o estímulo do metaboreflexo (MAYO, KRAVITZ, 1999; DOWNS *et al.*, 2014). Dentre estas respostas o aumento da frequência cardíaca tem-se mostrado mais evidente comparado a outras variáveis hemodinâmicas como volume sistólico e resistência vascular periférica (MILES *et al.*, 1987; POTON; POLITO, 2014).

A restrição de fluxo sanguíneo ocasionada pelo manguito gera uma compressão externa potencializando o aumento dos metabólicos locais como prótons, lactato e adenosina bifosfato resultando principalmente no maior estímulo dos mecanorreflexo (BOUSHEL *et al.*, 1996; BOUSHEL, 2010). A combinação da técnica de restrição com a compressão dos vasos promovida naturalmente pelo componente estático durante os ciclos das contrações musculares, acarreta tanto maiores respostas cardiovasculares (frequência cardíaca e duplo produto) quanto hemodinâmicas (pressão arterial sistólica e diastólica). Estes resultados ocorrem principalmente pelo maior estímulo dos metaborreceptores sendo evidenciados pelos

resultados do treino resistido com baixa carga (20-30% 1RM) com e sem restrição de fluxo (LOENNEKE *et al.*, 2012b; KACIN; STRAZER, 2011).

Alguns estudos vêm investigando as mudanças das respostas cardiovasculares e hemodinâmica com características diferentes, o treino de alta intensidade promove estas mudanças nestas respostas pelo estímulo mecanorreflexo induzido pela magnitude da tensão e deformação muscular e o treino com restrição de fluxo através do estímulo metaborreflexo devido ao acúmulo de metabólitos (KACIN; STRAZER, 2011; ROSSOW *et al.*, 2011; POTON; POLITO, 2014; MORIGGI *et al.*, 2015; VILAÇA-ALVES *et al.*, 2016).

Em relação as respostas cardiovasculares como frequência cardíaca e duplo produto do treino de alta intensidade são superiores durante a execução de um único exercício (POTON; POLITO, 2014) e similares para execução de dois exercícios sequenciais do mesmo segmento corporal (VILAÇA-ALVES *et al.*, 2016). Já a pressão arterial sistólica no treino resistido de alta intensidade foi similar para execução em único exercício (POTON; POLITO, 2014) ou dois exercícios para membros superiores ou inferiores (VILAÇA-ALVES *et al.*, 2016), porém, para uma sequência maior de exercícios, o treino de alta intensidade mostrou valores ligeiramente maiores comparado com o treino com restrição de fluxo (MORIGGI *et al.*, 2015). Entretanto, estes estudos apresentam limitações por não investigarem os efeitos somatórios das respostas cardiovasculares e hemodinâmicas na combinação da execução de exercício sequenciais envolvendo diferentes segmentos corporais dentro da mesma sessão.

2.4 Especificidade das respostas metabólicas ao treino resistido

Durante a prática do treino resistido ocorre um aumento da ativação das vias energéticas, glicolítica e oxidativa, em relação ao repouso. Esse aumento é consequência da produção de energia mecânica e produção de calor decorrentes da conversão de ATP, portanto, influenciada pelo equilíbrio entre a ressíntese de ATP e a hidrólise, requeridos na geração das contrações musculares (SCOTT, 2006; PINTO *et al.*, 2011; MAGOSSO *et al.*, 2017).

Uma das formas de mensuração da demanda metabólica é por meio do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$). De modo geral o treino resistido convencional impacta significativamente no aumento do $\dot{V}O_2$ de modo agudo (PINTO *et al.*, 2011). Os estudos mostram uma variação de consumo entre 1,3–2,3 L $\times$ min⁻¹ de $\dot{V}O_2$ (COLLINS *et al.* 1989; HALTOM *et al.* 1999; THORNTON; POTTEIGER 2002) e um $\dot{V}O_2$ relativo entre 3,0–52,5 ml $\times$ kg $\times$ min⁻¹ (BALLOR *et al.* 1987; SCALA *et al.* 1987; CAMPOS *et al.*, 2002; RATAMESS *et al.*, 2007). Também são apontadas maiores elevações no $\dot{V}O_2$ em exercícios de altas cargas comparadas com os de baixas cargas (HUNTER *et al.* 1988; COLLINS *et al.* 1989; THORNTON; POTTEIGER 2002) e uma maior porcentagem de ativação do metabolismo aeróbio, variando entre 46-57% do total de fornecimento energético (SCALA *et al.*, 1987; COLLINS *et al.*, 1989).

Assim como a análise do $\dot{V}O_2$ durante a prática é importante para a caracterização da atividade, o consumo de oxigênio pós-exercício em excesso (EPOC), também se faz necessário. Vários mecanismos têm sido sugeridos para explicar o EPOC, como temperatura corporal, lactato sanguíneo e reposição de O₂ no músculo, além de variáveis de treino como volume e intensidade (FARINATTI *et al.*, 2013). Tem-se demonstrado haver uma maior magnitude do EPOC em treinos de alta

intensidade comparadas ao treino resistido de baixas cargas (THORNTON; POTTEIGER, 2002; SCOTT *et al.*, 2011a).

Devido ao ambiente hipóxico vivenciado pelo músculo em exercício, o metabolismo energético anaeróbio desempenha um papel importante durante o TR. Como resultado, a produção de lactato é aumentada nos músculos em atividade, especialmente nas fibras musculares do tipo II (ROBERGS *et al.*, 2004). Assim, a concentração de lactato é um parâmetro importante na avaliação da demanda metabólica anaeróbia nos exercícios (SKIDMORE *et al.*, 2012). Os estudos têm demonstrado maiores valores de lactato conforme aumenta a intensidade do treino resistido, podendo chegar a $20 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$ (ROZENEK *et al.*, 1993). Contudo, diferentemente do metabolismo aeróbio, o presente trabalho não encontrou na literatura estudos que apontem a porcentagem de ativação desse metabolismo, assim, havendo uma lacuna do quanto o treino de alta intensidade pode ativar o metabolismo glicolítico em relação ao máximo.

Quando a condição da restrição de fluxo sanguíneo é aplicada em condições de mesma carga de trabalho, há uma maior demanda aeróbia em comparação com a condição sem restrição (KARABULUT; GARCIA, 2017; CONCEIÇÃO *et al.*, 2018; PFEIFFER *et al.*, 2019). Contudo, esses resultados se apresentam para modalidade de exercícios aeróbios (bicicleta e corrida), sendo que há pouco informação sobre o consumo de $\dot{V}O_2$ em treino resistido com restrição de fluxo. Da mesma forma se comporta a demanda de O_2 pós-exercício, elevando a magnitude do EPOC e o tempo de duração do mesmo, quando aplicada a restrição de fluxo (MENDONÇA *et al.*, 2015). Esse resultado é explicado pelo aumento da intensidade relativa e pelo acúmulo do déficit de O_2 . O mesmo parece ser verdadeiro referente ao metabolismo glicolítico demonstrando maiores valores de lactato em treino resistido com restrição

de fluxo ao se comparar duas intensidades semelhantes (YASUDA *et al.*, 2012; BEHRINGER *et al.*, 2017).

Porém, ao se comparar o treino de alta intensidade com o de baixa intensidade e restrição de fluxo, os estudos apontam um aumento na concentração de lactato semelhante (TAKARADA *et al.*, 2000; REEVES *et al.*, 2006; LOENNEKE *et al.*, 2016; NETO *et al.*, 2017), mas um aumento maior no $\dot{V}O_2$ e EPOC na condição de alta intensidade (ARAÚJO *et al.*, 2018). Contudo, a diferença de consumo não é proporcionalmente semelhante à diferença de volume entre as condições, sendo que o treino convencional possuía o dobro de volume, porém somente obteve um consumo 23% maior. Demonstrando que a utilização de restrição de fluxo sanguíneo aumenta a demanda do exercício e atenua a diferença com protocolos de maior intensidade (ARAÚJO *et al.*, 2018). Apesar de estar bem estabelecido que a restrição de fluxo promove um ambiente hipóxico fazendo as concentrações de lactato se equivalerem, mais estudos precisam ser realizados para corroborar se o mesmo efeito é observado no metabolismo aeróbio durante treino resistido.

Tendo em vista esses resultados apresentados pelo treino resistido com restrição de fluxo, a questão que ocorre é se a contribuição dos metabolismos envolvidos nas práticas também compartilha dos mesmos efeitos. Para tanto, a quantificação energética é um método amplamente utilizado e de fácil comparação, sendo recorrente em pesquisas envolvendo diversas modalidades (corrida, ciclismo, treino resistido) (MENDONCA *et al.*, 2014; MAGOSSO *et al.*, 2017; CONCEIÇÃO *et al.*, 2018). Contudo, até o momento são poucos os estudos que abordaram essa temática no treino resistido com restrição de fluxo sanguíneo.

O exercício resistido é uma modalidade de exercício caracterizada geralmente por não permitir que um indivíduo atinja um platô metabólico, exigindo, portanto, um

componente anaeróbio para a produção de energia. Devido a isso, atualmente o melhor método para quantificar o gasto energético durante o treino resistido é através da soma de três componentes: aeróbio, EPOC e anaeróbio (MAGOSSO *et al.*, 2017, SCOTT *et al.*, 2011a). O componente aeróbio consiste em converter cada litro de oxigênio por 5,05 kcal durante as séries, considerando que o quociente respiratório seja igual ou superior a 1,00 e assumindo que os músculos ativos usem apenas glicose como substrato. O EPOC é o oxigênio consumido acima dos valores basais calculado durante os períodos de descanso entre as séries e na recuperação da sessão de treino em que cada litro de O₂ corresponde a um gasto energético de 4,7 a 5,05 kcal, dada a suposição de que os músculos ativos metabolizam ácidos graxos e carboidratos. O componente anaeróbio consiste na quantificação energética advinda do lactato produzido mediante resposta ao esforço, isto é, o delta de lactato, convertido para equivalente em O₂ (DI PRAMPERO; FERRETI, 1999; MARGARIA *et al.*, 1933).

Apesar dessa forma de quantificação ser atualmente a mais abrangente, quanto à totalidade dos componentes energéticos da atividade, os estudos apresentam diferentes formas para a mensuração do gasto energético. Utilizando um protocolo de circuito com máquinas hidráulicas, Ballor *et al.* (1987) quantificaram um protocolo que consistiu em sete exercícios alternando os grupos musculares, executando três séries de 30s de execução intercalados com intervalos de 30s entre as séries e 60s entre os exercícios, apresentando um total médio de 238,9 kcal para 24,5 min de atividade. Contudo, os autores não mensuraram a participação de todos os metabolismos envolvidos, sendo esse resultado somente do componente aeróbio durante a sessão, realizado por meio da coleta do $\dot{V}O_2$, multiplicado pela constante de conversão para kcal (5,05).

Da mesma forma, Scala *et al.* (1987) compararam o gasto energético por meio da conversão de $\dot{V}O_2$ durante a prática em kcal, utilizando o valor de 5 kcal para cada litro de O_2 . As rotinas de treino dos atletas não foram alteradas, dessa forma, o estudo presou pela ecologia do protocolo e quantificou o consumo por sessão. Ao final de uma semana acompanhando as sessões de treino, a média observada de gasto energético foi de 391,8 kcal, sendo 21,3 kcal no alongamento, 332,1 kcal no TR e 38,5 kcal de EPOC (10-min). Quando comparados os gastos energéticos entre os grupos musculares, foi observado um valor médio de $11,5 \text{ kcal} \times \text{min}^{-1}$ para grandes grupos e $6,8 \text{ kcal} \times \text{min}^{-1}$ para pequenos grupos.

Utilizando um modelo de quantificação energética diferente, Scott (2006) comparou a execução de uma sequência de três exercícios (rosca direta, supino reto e *leg press*) com duas séries em intensidades de 60% e 80% de 1RM entre homens e mulheres. Os resultados foram apresentados de uma forma distinta: componente aeróbio, sendo a somatória do componente aeróbio durante a fase de execução mais o EPOC, e componente anaeróbio. Os valores de gasto energético dos exercícios foram interpretados como 21,1 kJ por litro de oxigênio consumidos durante o exercício e 19,6 kJ após o exercício. Para o componente anaeróbio foi utilizado o delta de lactato para a primeira e segunda série, convertido em valores equivalentes de O_2 e posteriormente em quilojoules utilizando 21,1 kJ por litro de O_2 .

Para melhor comparação com os outros estudos, a conversão para kcal foi utilizada aqui. O grupo do sexo masculino obteve no protocolo de 60% de 1RM um gasto energético médio de 80,3 kcal e 35,8 kcal para o metabolismo aeróbio e anaeróbio, respectivamente. Quando o protocolo foi executado à 80% de 1RM, os resultados apresentados foram 53,8 kcal e 26,8 kcal, respectivamente. O grupo feminino apresentou resultados para 60% de 1RM de 37,2 kcal (aeróbio) e 12,0 kcal

(anaeróbio), e no protocolo de 80% de 1RM 22,1 kcal e 6,0 kcal, respectivamente. O autor concluiu que para o protocolo na intensidade de 60% de 1RM o metabolismo aeróbio é responsável por 67,7% (63,7% na primeira série e 71,8% na segunda série) do fornecimento energético e o metabolismo anaeróbio corresponde por 32,4% (36,7% na primeira série e 28,2% na segunda série) do fornecimento total.

Porém, para o protocolo à 80% de 1RM, o componente aeróbio é responsável por 70,8% (63,5% na primeira série e 78,1% na segunda série) do gasto energético, enquanto o anaeróbio por 29,2% (36,5% na primeira série e 21,9% na segunda série). Indicando dessa forma uma maior ativação do metabolismo aeróbio com o aumento da intensidade. Contudo, esse aumento não fica claro se é decorrente do aumento do consumo de $\dot{V}O_2$ durante a atividade ou de uma maior magnitude do EPOC.

Modificando o modelo de quantificação, Scott *et al.* (2009) compararam o gasto energético no exercício de supino reto com 50% de 1RM em séries de diferentes volumes (7, 14 e 21 repetições). Diferentemente do estudo anterior, os autores separaram os componentes energéticos em anaeróbio, aeróbio e EPOC. O modelo utilizado para quantificação aeróbia e de EPOC foi idêntico ao anterior, porém agora não foram somados um ao outro, assim descrevendo cada um dos metabolismos. No protocolo de sete repetições os valores percentuais encontrados para os metabolismos anaeróbio láctico, anaeróbio alático e aeróbio foram 31,4%, 18,2% e 50,4%, respectivamente. No protocolo de 14 repetições foram 39,3%, 18,7% e 42,0%, e para o protocolo de 21 repetições apresentou valores de 44,8%, 21,3% e 33,9%, respectivamente. Os resultados demonstraram que o metabolismo anaeróbio é mais ativado quando um mesmo exercício é executado com mais repetições. Porém, deve-se levar em consideração que isso ficou demonstrado para uma única série em um único exercício.

Também comparando a interação volume de treino e gasto energético, Haddock e Wilkin (2006) compararam dois protocolos no sistema em circuito. Os protocolos consistiam em nove exercícios realizados com carga equivalente à 8RM executados até a falha e intervalo de descanso de 90 segundos entre as séries, sendo a diferença entre os protocolos a quantidade de séries, o protocolo de alto volume contendo três séries enquanto o de baixo volume possuía uma série. A quantificação energética aeróbia e de EPOC utilizada pelos autores foi semelhante ao estudo anterior, com a diferença na fase de EPOC, sendo mensurada por 120 minutos. Foi observado que apesar do protocolo de alto volume dispendeu um total de $158,2 \pm 10,5$ kcal, enquanto o de baixo volume dispendeu $56,1 \pm 3,2$ kcal, quando comparados pelo tempo de execução, não há diferença estatística entre o gasto energético aeróbio deles. Concluindo que, quando as intensidades são equalizadas, o maior gasto energético é decorrente do maior tempo de duração da atividade. O gasto energético durante os 120 minutos de EPOC apresentou um total de $22,3 \pm 4,8$ kcal e $22,5 \pm 1,7$ kcal para os protocolos de baixo e alto volume, respectivamente. Infelizmente, apesar do lactato ter sido coletado, o componente anaeróbio não foi quantificado, subestimando assim o total real de gasto energético da atividade.

Também trabalhando com treino em circuito, Haltom *et al.* (1999) quantificaram o gasto energético em protocolos com tempos de intervalos diferentes, analisando o efeito da intensidade sobre o gasto energético. O modelo para determinação energética foi somente utilizando variáveis ventilatórias. O consumo de $\dot{V}O_2$ durante a fase de repouso foi quantificado e posteriormente subtraído tanto da fase de exercício quanto da fase de EPOC. Com o montante de cada fase quantificado e o repouso retirado, o gasto energético foi calculado multiplicando esse consumo de O_2 pelo equivalente calórico de 5 kcal por litro de O_2 . Os resultados observados para o

gasto energético do componente aeróbio foi de $94,6 \pm 3,9$ e $122,4 \pm 4,8$ kcal para o protocolo com 20s e 60s de intervalo, respectivamente. Para a fase de EPOC os valores foram $51,5 \pm 2,8$ kcal e $37,0 \pm 2,0$ kcal, respectivamente.

Thornton e Potteiger (2002) também utilizaram da mesma abordagem para o cálculo calórico, porém a diferença foi na utilização de $4,8 \text{ kcal} \times \text{LO}_2^{-1}$ como equivalente de conversão na fase de EPOC, demonstrando um entendimento diferente quanto aos substratos energéticos utilizados. Apesar dessa diferença no modelo utilizado, os autores, assim como no estudo anterior, observaram um maior gasto energético na fase de EPOC no protocolo de maior intensidade ($11,0 \pm 1,9$ kcal) comparado com o de menor intensidade ($5,5 \pm 1,3$ kcal). Devido a equalização do volume dos protocolos, a intensidade não influenciou no GE aeróbio durante a sessão, não havendo diferença entre os grupos ($63,7 \pm 7,0$ kcal e $71,7 \pm 7,1$ kcal, respectivamente). Ambos os trabalhos corroborando com o conceito de que sessões com maior intensidade promovem um maior componente de EPOC.

Ratamess *et al.* (2007) quantificaram o consumo aeróbio e EPOC durante a atividade de supino, não sendo quantificado a porção anaeróbia láctica da atividade. Utilizando uma técnica trapezoidal padrão que consiste em obter a área sob a curva do consumo de O_2 , subtrair o $\dot{\text{V}}\text{O}_2$ de repouso do montante e posteriormente utilizando o valor de $5 \text{ kcal} \times \text{L}^{-1}$ para a conversão, os autores quantificaram o metabolismo aeróbio. Porém, o modelo para quantificação na fase de EPOC foi diferente, consistindo em coletas de $\dot{\text{V}}\text{O}_2$ a cada 5 minutos, num período até 30 minutos pós protocolo, subtraindo o valor basal, calculando a área sob a curva gerada e convertendo para kcal utilizando o valor de 5 kcal para cada litro de O_2 .

Dessa forma, para a intensidade de 75% de 1RM o gasto energético aeróbio foi entre $31,4 \pm 7,4$ kcal e $116,8 \pm 28,6$ kcal, sendo o menor referente ao protocolo

com menor descanso (30s) e o maior no de maior descanso (5-min). De forma semelhante, os protocolos com 85% de 1RM tiveram um gasto energético entre $24,3 \pm 4,8$ kcal e $104,5 \pm 19,9$ kcal. Ambos apresentando aumento significativo proporcional ao tamanho do intervalo de descanso. Porém, independentemente do tempo de intervalo entre as séries, a resposta de EPOC não apresentou diferença significativa em nenhuma condição, ficando entre $49,1 \pm 14,1$ kcal e $51,8 \pm 15,7$ nos protocolos de 75% de 1RM e entre $41,3 \pm 8,7$ kcal e $55,9 \pm 15,2$ kcal nas sessões com 85% de 1RM.

Os resultados corroboram com a literatura quanto ao consumo durante a atividade, indicando um maior consumo no protocolo com maior número de repetições (75% de 1 RM), porém, o gasto energético na fase EPOC apresentou divergência quanto à literatura, sendo comum uma resposta maior nos protocolos com maior intensidade. Os autores justificam essa divergência pela pouca diferença entre as duas porcentagens de cargas e pela curta duração total dos protocolos (cinco séries de um único exercício), levando à pouca ativação das massas musculares envolvidas e assim mascarando uma possível diferença real nessa variável.

Também analisando o exercício supino, Scott *et al.* (2011a) compararam seis intensidades até a falha muscular voluntária. Diferentemente dos modelos anteriores, os autores quantificaram os três metabolismos. A quantificação aeróbia foi feita por meio da análise da cinética do $\dot{V}O_2$ com um carrinho metabólico 5 minutos antes do início do protocolo, para determinação de valores de repouso, e durante todo o protocolo. Assim como os autores já citados, Scott *et al.* (2011a) subtraíram a área correspondente aos valores de repouso da área total do exercício e converteram para kJ utilizando a constante de conversão de $21,1 \text{ kJ} \times \text{LO}_2^{-1}$. O EPOC foi mensurado até duas medições consecutivas abaixo de $5,0 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$, posteriormente subtraindo os valores de repouso e convertendo para kJ utilizando o valor de 19,6 kJ por litro de

oxigênio consumido. Para o componente anaeróbio foi utilizado o delta de lactato entre o repouso e o pico pós atividade, sendo convertido em valores equivalentes de O₂ e então em quilojoules utilizando 21,1 kJ por litro de O₂.

A contribuição dos metabolismos energéticos no protocolo de intensidade de 37% de 1RM foram de 46,4% ($7,2 \pm 2$ kcal), 21,4% ($3,3 \pm 1,3$ kcal) e 32,2% ($5,0 \pm 2,1$ kcal) para os metabolismos aeróbio, anaeróbio e EPOC, respectivamente. Para a intensidade de 46% de 1RM foram 51,3% ($7,0 \pm 2,1$ kcal), 16,1% ($2,2 \pm 1,0$ kcal) e 32,6% ($4,5 \pm 1,2$ kcal), respectivamente. Na intensidade de 56% de 1RM as contribuições corresponderam a 49,6% ($7,0 \pm 1,7$ kcal), 15,9% ($2,2 \pm 0,6$ kcal) e 34,5% ($4,9 \pm 1,1$ kcal), respectivamente. Passando para as altas intensidades os resultados foram 50,6% ($6,3 \pm 1,1$ kcal), 9,3% ($1,2 \pm 0,5$ kcal) e 40,1% ($5,0 \pm 1,8$ kcal), para a intensidade de 70% de 1RM, 45,5% ($5,0 \pm 1,1$ kcal), 9,9% ($1,1 \pm 0,6$ kcal) e 44,6% ($4,9 \pm 1,6$ kcal) para 80% de 1RM e 41,6% ($3,3 \pm 1,3$ kcal), 6,6% ($0,5 \pm 0,3$ kcal) e 51,8% ($4,1 \pm 1,3$ kcal) para 90% de 1RM, respectivamente.

Scott *et al.* (2011b) quantificaram duas séries de supino até falha muscular nas intensidades de 70%, 80% e 90% de 1RM. Quando aplicadas duas séries para o exercício, os resultados obtidos são diferentes dos apresentados no estudo anterior, apesar do modelo empregado para quantificação energética ter sido o mesmo. Para uma intensidade de 70% de 1RM a porcentagem de contribuição do componente anaeróbio, aeróbio e EPOC foram 34,0% ($7,9 \pm 2,1$ kcal), 14,7% ($3,4 \pm 1,4$ kcal) e 51,3% ($11,9 \pm 2,9$ kcal), respectivamente. No protocolo com 80% de 1RM as contribuições foram de 36,4% ($7,9 \pm 2,3$ kcal), 9,8% ($2,1 \pm 0,7$ kcal) e 53,8% ($11,7 \pm 4,3$ kcal), respectivamente. Por fim, na intensidade de 90% de 1RM os resultados foram 29,7% ($5,1 \pm 1,4$ kcal), 8,5% ($1,5 \pm 0,5$ kcal) e 61,8% ($10,7 \pm 2,0$ kcal), respectivamente. Demonstrando assim a importância de quantificar o componente

EPOC, visto que há um aumento da sua participação ao aumentar a quantidade de séries no exercício.

Contudo, referente ao treino resistido com restrição de fluxo sanguíneo há uma carência de estudos que quantifiquem o gasto energético da prática. Sendo, até o momento, o estudo de Araújo *et al.* (2018) o único onde se apresenta tais resultados. De forma um pouco mais documentada há o gasto energético em atividades aeróbias com a utilização da técnica de restrição de fluxo (LOENNEKE *et al.*, 2011; MENDONÇA, *et al.*, 2015; CONCEIÇÃO *et al.*, 2018; PFEIFFER *et al.*, 2019). Araújo *et al.* (2018) constataram uma diferença significativa tanto no consumo de $\dot{V}O_2$ durante quanto após a atividade (EPOC). Os sujeitos obtiveram um consumo médio durante a atividade de $8 \text{ kcal} \times \text{min}^{-1}$ e $6,2 \text{ kcal} \times \text{min}^{-1}$ nas condições de alta intensidade e baixa intensidade com restrição de fluxo, respectivamente. Na fase de EPOC, os valores pico observados foram $15,92 \pm 0,83$ e $13,89 \pm 1,42 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$, respectivamente. Contudo, sem apresentar o gasto energético referente a essa fase. Infelizmente o metabolismo glicolítico também não foi mensurado. Os autores concluem que o treino de alta intensidade produz um maior efeito metabólico do que o de baixa intensidade com restrição de fluxo, contudo, esse efeito é somente de 23%, sendo que o protocolo de alta intensidade possuía o dobro do volume. Isso mostra que a restrição, por promover uma diminuição na distribuição de O_2 intramuscular, aumenta a demanda do exercício e atenua a diferença com protocolos de maior intensidade.

Dessa forma, os resultados dos estudos com treino resistido apontam que variáveis de intensidade, volume e quantidade de massa muscular ativada influenciam no total de gasto energético da atividade, assim como na porcentagem de ativação de cada metabolismo energético. Todavia, quando a técnica de restrição de fluxo sanguíneo é utilizada, parece que o treino de baixa intensidade ainda assim demanda

menor gasto energético comparado ao convencional de alta intensidade, porém, causa um aumento significativo na demanda energética, diminuindo a diferença entre os protocolos. Apesar desses resultados apresentados, o montante de estudos até o momento na literatura é escasso. Os trabalhos tem analisado as vias metabólicas segundo a predominância da atividade proposta, em exercícios como corrida e ciclismo o $\dot{V}O_2$ é quantificado, enquanto no treino resistido somente a concentração de lactato é mensurada, com única exceção o trabalho de Araújo *et al.* (2018). Dessa forma havendo uma lacuna na literatura científica referente à quantificação da demanda fisiológica das três vias metabólicas envolvidas na prática do treino resistido. Assim, esse trabalho tem por objetivo suprir essa lacuna, quantificando as vias metabólicas envolvidas no treino resistido com restrição de fluxo sanguíneo, sendo assim pioneiro nessa análise.

3 JUSTIFICATIVA

Estudos relatam que o treino resistido com baixa intensidade (20-30% de 1RM) combinado com a restrição parcial do fluxo sanguíneo para o músculo pode produzir adaptações musculares e cardiovasculares equivalentes ao treino convencional de alta intensidade ($\geq 70\%$ de 1RM) (AVILA *et al.*, 2016; YANAGISAWA; FUKUTANI, 2018; PFEIFFER *et al.*, 2019). Há evidências também sobre a eficácia do treino resistido de baixa intensidade com restrição de fluxo em relação às alterações de força, hipertrofia e resistência muscular, além das respostas fisiológicas e metabólicas (JOÃO *et al.*, 2020; LIXANDÃO *et al.*, 2018, NETO *et al.*, 2017; PARAVLIC *et al.*, 2015). Dessa forma o treino resistido de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo mostra-se viável tanto para populações saudáveis quanto para indivíduos em condições especiais ou com comorbidades, pois sua execução também é considerada de baixo risco de lesões músculo-articulares ou complicações hemodinâmicas (HWANG *et al.*, 2020; FITSCHEN *et al.*, 2014; POPE *et al.*, 2013; LOENNEKE *et al.*, 2012; CLARK *et al.*, 2011; NAKAJIMA *et al.*, 2006).

Tendo em vista que o princípio fisiológico da restrição de fluxo sanguíneo é a alta concentração de metabólitos gerada por uma baixa oferta de O_2 local, levando assim há um aumento da atividade glicolítica e uma redução da tolerância à atividade (HWANG *et al.*, 2020; POPE *et al.*, 2013), questiona-se o quanto o gasto energético e a contribuição de cada metabolismo durante a execução do exercício resistido com restrição de fluxo sanguíneo poderia apresentar as mesmas respostas que outras variáveis já observadas, como produção de força e hipertrofia. Até o presente momento tem-se observado maiores valores de lactato sanguíneo durante a execução com restrição de fluxo sanguíneo, bem como do $\dot{V}O_2$, quando comparados aos treinos com a mesma intensidade de carga (i.e. $\sim \%1RM$) (TAKARADA *et al.*, 2000; FUJITA

et al., 2007; YASUDA *et al.*, 2012; de OLIVEIRA *et al.*, 2015; CORVINO *et al.*, 2017; HWANG *et al.*, 2020).

Por outro lado, ao comparar protocolos com intensidade de cargas diferentes, o treino convencional de alta intensidade tende a demandar maior gasto calórico, mas a técnica de restrição de fluxo proporciona aumento da demanda energética durante a execução de treino resistido com baixa intensidade de carga, o que reduz a diferença de gasto energético ao comparar os protocolos de alta e baixa intensidade de carga (POTON; POLITO, 2014; VIEIRA *et al.*, 2015; NETO *et al.*, 2017; ARAÚJO *et al.*, 2018). Porém, essas demandas energéticas são referentes ao se observar somente uma via metabólica, havendo assim uma lacuna quanto ao gasto energético total da atividade e se essa diferença observada entre treino de alta intensidade e baixa intensidade com restrição de fluxo permanece ao se quantificar o metabolismo energético ao todo.

Por isso, o presente estudo pretende contribuir com a caracterização do perfil da resposta fisiológica e demanda metabólica durante a execução de um protocolo de treino resistido de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo. Todavia, há distintos modelos para a quantificação da demanda energética e, portanto, a aplicação desses modelos em um protocolo de treino resistido elaborado com diferentes exercícios para contextualizar a prática de forma mais ecológica, permitirá não apenas uma análise completa dos processos metabólicos envolvidos em cada protocolo de treino, bem como a comparação dos treinos por diferentes parâmetros fisiológicos.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral:

Caracterizar a demanda fisiológica no treino resistido de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo (TR_{Low_RFS}), ao compará-las com àquelas apresentadas no treino resistido tradicional de alta intensidade (TR_{High_Conv}) e, dessa forma, especular o quanto TR_{Low_RFS} demanda um estímulo compatível com os protocolos de treino convencionais, quanto à ativação metabólica e custo energético.

4.2 Objetivos específicos:

- a) Analisar e comparar a resposta hemodinâmica (FC, PAS, PAD), perceptual e de desempenho em ambos os protocolos.
- b) Analisar ambos os protocolos quanto à ativação do sistema oxidativo pela mensuração da resposta do $\dot{V}O_2$ durante uma sessão aguda de treino.
- c) Analisar o perfil da ativação glicolítica anaeróbia pela resposta da concentração do lactato sanguíneo durante a execução de ambos os protocolos.
- d) Analisar a proporção de contribuição entre os metabolismos.
- e) Comparação da demanda energética de acordo com diferentes modelos de quantificação.

5 HIPÓTESES

H0: os protocolos não diferem quanto ao nível de ativação dos metabolismos energéticos oxidativo e glicolítico anaeróbio.

H1: os protocolos apresentam respostas diferentes de $\dot{V}O_2$, devido à menor oferta de oxigênio induzida pela técnica de RFS no protocolo TR_{Low_RFS} e, conseqüentemente, menor desempenho de repetições.

H2: os protocolos diferem quanto ao acúmulo de lactato sanguíneo, devido à maior atividade glicolítica anaeróbia estimulada pela maior intensidade de carga no protocolo TR_{High_Conv}, e conseqüentemente maior estímulo estático sobre as respostas hemodinâmicas (FC e PAS), bem como perceptual (PSE) ao treino

H3: presumisse que não haja diferença entre os protocolos quanta a demanda energética total, porém os diferentes modelos de quantificação tendem a fornecer valores divergentes da demanda energética total.

6 MÉTODOS

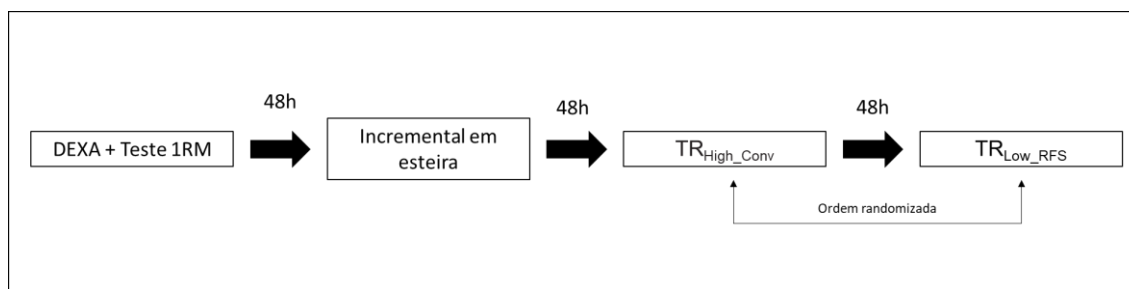
6.1 Amostra

A amostra foi constituída por dez (10) participantes do sexo masculino com experiência em treino resistido de, no mínimo, seis meses, porém sete (7) (idade: 26 ± 4 anos, altura: $178,6 \pm 7,9$ cm, peso corporal: $85,3 \pm 17,2$ kg, gordura corporal: $16,9 \pm 4,9\%$) concluíram todos os protocolos. Os sujeitos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido onde eles estavam cientes de todos os procedimentos envolvidos na pesquisa. Para critério de exclusão foram adotadas as manifestações de doenças como isquemia, diabetes, arritmias, hipertensão arterial e obesidade ($\text{IMC} \geq 30 \text{ kg/m}^2$). Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em pesquisa da Faculdade de Ciências (FC) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru (SP), sob o protocolo CAEE: 19824719.3.0000.539 e aprovado pelo parecer: 3.572.379.

6.2 Delineamento experimental

Os participantes foram submetidos a cinco avaliações, realizadas em quatro dias diferentes com um intervalo de 48h entre cada: (1) Análise da composição corporal; (2) Avaliação de força máxima para quantificação da carga dos protocolos de treino; (3) Teste incremental em esteira para análise das capacidades oxidativas e glicolíticas máximas; (4) Protocolo de treino resistido convencional de alta intensidade; (5) Protocolo de treino resistido de baixa intensidade com RFS. Todas as avaliações foram realizadas nos laboratórios da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Educação Física. A análise da composição corporal e avaliação da força máxima foram realizadas na mesma visita ao laboratório. Os protocolos de TR foram ordenados de forma randômica para que não houvesse influencia na resposta das variáveis analisadas.

Figura 1 – Delineamento experimental.



6.3 Composição regional e corporal

Para a normalização do peso corporal dos voluntários, foi utilizado a absorciometria de raios-x de dupla energia (DEXA) (modelo Hologic®, QDR Discovery Wi®) para obtenção da composição corporal total e regional. O software de composição corporal (Hologic APEX®) fornece valores de massa gorda (MG) e massa isenta de gordura (MIG, contendo massa magra e massa óssea), para ambas as pernas e braços, regional do tronco e corpo todo. O equipamento foi calibrado de acordo com as recomendação e especificações do fabricante e todos os procedimentos foram realizados por um técnico de laboratório experiente. As linhas de análise foram ajustadas pelo mesmo técnico, de acordo com os pontos anatômicos específicos (HIND *et al.*, 2015).

6.4 Teste incremental máximo

O teste em esteira foi realizado em uma esteira motorizada (ATL 15000 Inbramed, Porto Alegre, Brasil) com grau de inclinação de 1%. Após dois minutos de aquecimento a $5,0 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$, o teste iniciou-se com velocidade de $6,0 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$ e foi adicionado $1,0 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$ a cada 60s, até a exaustão voluntária (WASSERMAN *et al.*, 2005). Durante o protocolo e ao término dele, num período de sete minutos para análise da fase de recuperação, os indivíduos utilizaram o espirômetro portátil K4b²

(Cosmed®, Roma, Itália) para análise da permuta gasosa respiração-a-respiração. O $\dot{V}O_{2\max}$ foi determinado como o maior valor, em média de 9s, alcançado durante os estágios finais do teste. Para assegurar que fosse alcançada uma potência aeróbia máxima durante os testes, foram observados ao menos dois dos seguintes critérios (POOLE *et al.*, 2008): (1) identificação de um platô na curva entre $\dot{V}O_2$ – velocidade (isto é, um aumento menor que $100 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$); (2) quociente de permuta respiratória (QR) acima de 1,10; e (3) FC final do teste entre $\pm 10 \text{ b} \times \text{min}^{-1}$ (ou a 95%) da máxima prevista pela idade ($220 - \text{idade}$). O maior valor de FC durante o último estágio do teste progressivo foi considerado o máximo ($FC_{\max}$).

6.5 Avaliação de uma repetição máxima (1 RM)

Para o protocolo de avaliação de uma repetição máxima (1RM), as recomendações sugeridas para o teste de 1RM foram as descritas por Mayhew *et al.* 1995. O teste inicia com um aquecimento geral e séries específicas, com progressão de cargas submáximas à máxima. A quantidade de séries adotadas para determinação do 1RM foram de três (3) a cinco (5), onde eram executadas até duas repetições e progredindo a intensidade da carga até a falha concêntrica após uma repetição completada. O intervalo de pausa entre as séries de aquecimento foi de 90s e entre as séries de testes foi de 180s. O teste de 1 RM foi aplicado em todos os exercícios descritos no protocolo de treino resistido, sempre alternando exercícios para membro superior e inferior, sendo completados 48h de descanso entre os dias dos testes.

6.6 Protocolo de Treino Resistido

O protocolo de treino foi estruturado em duas sessões de treino, $TR_{\text{Low_RFS}}$ com 30% 1 RM e $TR_{\text{High_Conv}}$ 70% 1RM. Para a sessão $TR_{\text{Low_RFS}}$ foram realizadas três

séries de 15 repetições com 30s de intervalo entre as séries e 180s entre os exercícios, a sessão TR_{High_Conv} 70% 1RM foi composta de três séries de 12 repetições com 60s de intervalo entre as séries e 120s entre os exercícios. Os exercícios selecionados para ambos os protocolos foram (1º) supino reto (SR), (2º) remada horizontal (RH), (3º) tríceps na polia alta (TP), (4º) rosca direta (RD), (5º) cadeira extensora (CE), (6º) mesa flexora (MF), (7º) *leg press* 45° (LP45) e (8º) panturrilha no *leg pres* 45° (PLP). Todos os exercícios foram executados de forma bilateral, com exceção da CE, em que, devido à carga, foi executado unilateralmente. Para maior controle, os participantes realizaram os exercícios na mesma cadência de 1:1, sendo 1s para fase concêntrica e 1s para a fase excêntrica, assim como no mesmo período do dia.

Quadro 1 – Protocolos de treinamento.

	TR_{High_Conv}	TR_{Low_RFS}
Exercícios	SR, RH, TP, RD, CE, MF, LP45, PLP	SR, RH, TP, RD, CE, MF, LP45, PLP
% 1RM	70	30
Séries	3	3
Repetições	12	15
Intervalo entre séries (s)	60	30
Intervalo entre exercícios (s)	120	180
RFS	-	50% PAS

TR_{Low_RFS} : treino resistido de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo; TR_{High_Conv} : treino resistido convencional de alta intensidade; SR: supino reto; RH: remada horizontal; TR: tríceps polia; RD: rosca direta; CE: cadeira extensora; MF: mesa flexora; LP45: leg press 45°; PLP: panturrilha leg press 45°; % 1RM: porcentagem de uma repetição máxima; RFS: restrição de fluxo sanguíneo; PAS: pressão arterial sistólica.

Durante os protocolos de treino, para a medição do $\dot{V}O_2$ durante e após cada sessão de TR, a permuta gasosa pulmonar foi determinada respiração-a-respiração,

sendo empregado um sistema automatizado portátil (K4b², Cosmed®, Roma, Itália), o aparelho foi calibrado antes de cada teste, conforme as instruções do fabricante, e conectado aos participantes através de uma máscara respiratória especial. As coletas para a análise do $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}CO_2$ foram durante cada sessão de TR e após, por 7 minutos. Ao final da terceira série de cada exercício e ao final de cada um dos protocolos de TR foram realizadas coletas de sangue para dosagem da $[La^-]$.

Ao longo de todos os testes a frequência cardíaca (FC) também foi registrada. Para a análise da percepção subjetiva de esforço foi utilizada a escala CR10 de Borg (1982), onde a escala numérica vai de 0 a 10. Nesta escala cada número representa uma intensidade, sendo que o número 0 seria o estado de repouso e 10 o esforço máximo. A PSE foi utilizada antes do início dos protocolos e ao final de cada exercício. A carga de trabalho da sessão foi obtida por meio da multiplicação do número de repetições pela carga levantada, representado em kg, pelos participantes em todos os exercícios realizados da sessão de treino.

O número total de repetições (NTR) foi obtida através das somas de todas as repetições realizadas durante todos os exercícios dentro de ambas as sessões de TR. O tempo de execução consistiu na somatória do tempo de execução de cada série para cada exercício. O tempo total foi obtido por meio da somatória do tempo de execução mais o intervalo entre as séries e o intervalo até o próximo exercício. Para segurança dos voluntários foi realizado o monitoramento da PA e FC. Através da artéria braquial a pressão arterial foi registrada via manual utilizando esfigmomanômetro (largura do manguito de 7 cm, comprimento do manguito de 52 cm) e estetoscópio. Para registro da FC, uma cinta torácica e unidade de pulso padrão (Polar, Finlândia) foi utilizada. Os registros foram realizados cinco minutos em repouso

antes de iniciar a sessão de TR, após cada exercício do protocolo, imediatamente após o fim da sessão e sete minutos após a recuperação do protocolo.

6.7 Restrição de Fluxo Sanguíneo (RFS)

Ao chegarem ao laboratório, os participantes foram posicionados em decúbito dorsal, permanecendo em repouso absoluto por 10 minutos para aferição da pressão arterial em repouso. Para este procedimento foi utilizado o método auscultatório por meio de um esfigmomanômetro. A pressão arterial (PA) foi mensurada para determinação da magnitude da RFS. A magnitude da restrição foi de 50% da pressão arterial sistólica (PAS). Os manguitos para RFS foram posicionados na região proximal de ambos os membros superiores e inferiores, para oclusão vascular foi utilizado um esfigmomanômetro para membros superiores (7 cm de largura e 80 cm de comprimento) e outro para membros inferiores (12,5 cm de largura e 84 cm de comprimento). Os manguitos foram inflados até a pressão necessária previamente ao início do exercício, mantidos ao longo das 3 séries, assim como em suas respectivas pausas e desinflados ao término da terceira série. O mesmo processo se repetiu para cada exercício.

6.8 Coleta e avaliação do lactato sanguíneo

As coletas de sangue para análise da concentração de lactato ($[La^-]$) foram realizadas em ambos os protocolos de treino resistido (TR_{Low_RFS} e TR_{High_Conv}) e teste incremental. Utilizando-se luvas cirúrgicas, após assepsia local com álcool, foi realizada a punção no lobo da orelha para todos os sujeitos. A punção foi realizada com a utilização de lanceta descartável. Para cada amostra, foi passado algodão na superfície desejada para retirada de possíveis gotas de suor, as quais podem

contaminar as amostras. Capilares calibrados e heparinizados foram utilizados neste processo. Volumes de 25µl de sangue arterializado foram retirados e adicionados em tubos de Eppendorff com 50µl de fluoreto de sódio a 1% para posterior análise. A lactacidemia foi determinada utilizando-se um analisador de lactato, método eletroenzimático, modelo YSI 1500 Sport (Yellow Springs Inc.- USA). Os valores de lactacidemia são expressos em mmol×L⁻¹. Foram realizadas doze coletas por sujeito por sessão, a primeira sendo em repouso, após 10-min na posição sentada, em seguida foram coletadas amostras ao final da terceira série de cada exercício e ao final dos protocolos supracitados nos minutos 3, 5 e 7 (HUGHSON *et al.*, 1985).

6.9 Gasto energético anaeróbio alático da atividade (EqO_{2Alat})

O cálculo do gasto energético anaeróbio alático (EqO_{2Alat}) foi calculado por meio da modelagem da fase rápida da cinética do $\dot{V}O_2$ após o término de cada exercício e ao final da sessão de treino, o $\dot{V}O_2$ obtido respiração-a-respiração foi ajustado em relação ao tempo, no plano cartesiano. Em seguida, cada curva de resposta foi analisada manualmente para a exclusão de pontos extremos, que representam eventos fisiológicos não característicos da resposta do $\dot{V}O_2$ em exercício, que foram definidos como valores maiores que dois desvios-padrões da média local (4 - 5 respirações) (JONES; POOLE, 2005). Posteriormente, os dados foram interpolados para fornecer valores alinhados a cada segundo (BURNLEY *et al.*, 2001).

A descrição matemática da cinética do $\dot{V}O_2$ foi realizada empregando o modelo mono-exponencial (Equação 1) para as fases de recuperação entre os exercícios, devido ao intervalo de tempo não ser possível estabilizar o sistema energético por completo, que forneceu a estimativa das amplitudes (A_1) e constantes de tempo (τ_1) (BEARDEN; MOFFATT, 2000; ÖZYENER *et al.*, 2001).

$$y = y_0 - A_1 \times \left[1 - e^{-\left(t - \frac{TD_1}{\tau_1}\right)} \right] \quad (1)$$

onde “y” é o $\dot{V}O_2$ estimado para qualquer momento “t” da curva de recuperação após o exercício; “y0” é o valor pico de $\dot{V}O_2$ após o término do exercício; “A₁” é a amplitude da resposta primária de recuperação do $\dot{V}O_2$; “e” é o algarismo neperiano, “TD₁” é constante de atraso da resposta do $\dot{V}O_2$ e, “τ₁” é constante de ajuste temporal do alcance da respectiva amplitude (definida em 63% da respectiva amplitude) para cada componente (ÖZYENER *et al.*, 2001; PRINGLE *et al.*, 2003).

Para a fase de recuperação após a sessão de treino foi ajustada por uma equação bi-exponencial, conforme Equação 2 proposta por Scheuermann *et al.* (2001), devido ao maior tempo de repouso nessa fase (420 seg), essa equação fornecia o alinhamento mais ajustado ao comportamento completo do metabolismo.

$$y = y_0 - A_1 \times \left[1 - e^{-\left(t - \frac{TD_1}{\tau_1}\right)} \right] - A_2 \times \left[1 - e^{-\left(t - \frac{TD_2}{\tau_2}\right)} \right] \quad (2)$$

onde “y” é o $\dot{V}O_2$ estimado para qualquer momento “t” da curva de recuperação após o exercício; “y0” é a linha de base do $\dot{V}O_2$ que representa o valor ao final do exercício. O decaimento fisiologicamente relevante do $\dot{V}O_2$ é a amplitude da fase I (A₁), chamado de componente rápido da resposta de recuperação, que deve refletir estritamente a cinética de ressíntese da fosfocreatina utilizada durante o exercício. As constantes temporais de ajuste (τ₁ e τ₂) e tempo de resposta (TD₁ e TD₂) descrevem, respectivamente, a velocidade de decaimento de cada fase do débito de O₂ (A₁ e A₂). A amplitude da fase II (A₂) corresponde ao componente lento da recuperação do $\dot{V}O_2$. Ao início da recuperação, os primeiros 20s da resposta do $\dot{V}O_2$ foram removidos para a exclusão da fase cardiodinâmica (KROGH, LINDHARD, 1913; ÖZYENER *et al.*, 2001).

Com os dados suavizados por meio de média móvel (5 pontos) foram calculados por meio de integração numérica a área total descrita pelos valores de $\dot{V}O_2$ em função do tempo. Após a obtenção das variáveis de “ y_0 ”, “ A_1 ” e “ τ_1 ” nas fases de recuperação entre os exercícios e ao término da sessão conforme ajuste exponencial de ÖZYENER *et al.* (2001) e Scheuermann *et al.* (2001), foram calculados também os componentes das fases rápida e lenta da cinética do $\dot{V}O_2$.

6.10 Gasto energético anaeróbio láctico da atividade ($EqO_{2[La^-]}$)

O gasto energético anaeróbio láctico ($EqO_{2[La^-]}$) foi calculado por meio da conversão em equivalentes de O_2 da variação da $[La^-]$ acima dos valores de repouso ($\sim 3 \text{ ml}O_2 \times \text{kg}^{-1}$) (di PRAMPERO, FERRETI, 1999), multiplicado pela massa corporal do indivíduo (mc).

$$EqO_{2[La^-]} = (\beta \times ([La^-]_{Pico} - [La^-]_{Rep}) \times mc) \times K \quad (3)$$

onde “ β ” é o equivalente de O_2 para cada $1 \text{ mmol} \times \text{L}^{-1}$ $[La^-]$ de variação acima do valor de repouso; “ $[La^-]_{Pico}$ ” é a concentração de lactato ao final de cada exercício; “ $[La^-]_{Rep}$ ” é a concentração de lactato pré-teste; “mc” é a massa corporal do indivíduo dada em quilogramas (kg) e “K” é a constante de conversão de O_2 para kcal (PHILLIPS; ZIURAITIS, 2004).

6.11 Modelos de quantificação energética

Foram empregados três modelos de análise do gasto energético, seguindo a sugestão de Scott (2006), conforme apresentam as Equações abaixo

Modelo #1

$$Custo O_2 = \int_{x=i,ON}^{x=f,ON} VO_{2ON} \times t_{ON} - (VO_{2rep} \times t_{ON}) + (A_1 \times \tau_1) + EqO_{2[La]} \quad (4)$$

Modelo #2

$$Custo O_2 = \left(\int_{x=i,ON}^{x=f,ON} VO_{2ON} \times t_{ON} - (VO_{2rep} \times t_{ON}) \right) + \left(\int_{x=i,OFF}^{x=f,OFF} VO_{2OFF} \times t_{OFF} - (VO_{2rep} \times t_{OFF}) \right) \quad (5)$$

Modelo #3

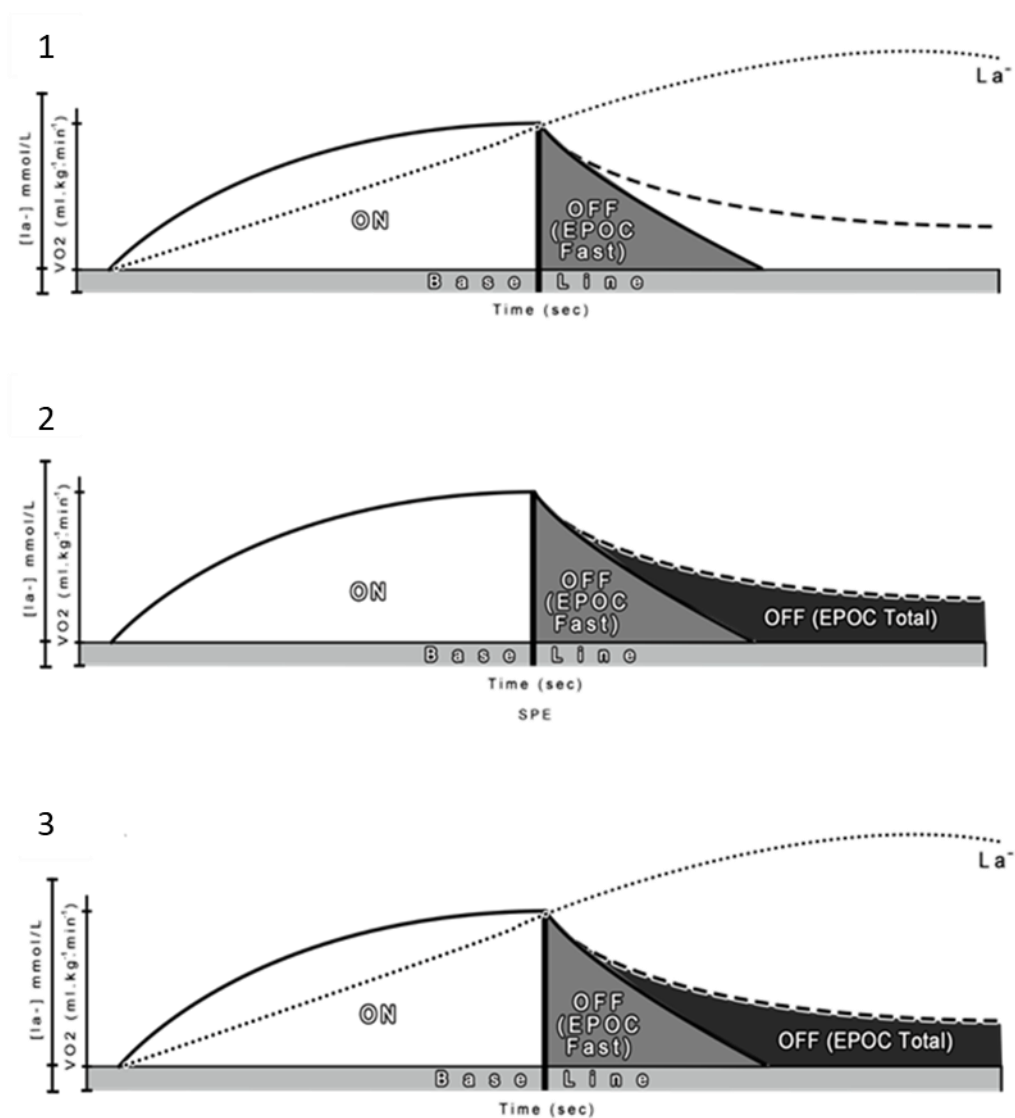
$$Custo O_2 = \left(\int_{x=i,ON}^{x=f,ON} VO_{2ON} \times t_{ON} - (VO_{2rep} \times t_{ON}) \right) + \left(\int_{x=i,OFF}^{x=f,OFF} VO_{2OFF} \times t_{OFF} - (VO_{2rep} \times t_{OFF}) \right) + EqO_{2[La]} \quad (6)$$

em todos os modelos o custo de O₂ foi apresentado em termos absolutos (mlO₂), ponderado pelo peso corporal (mlO₂×kg⁻¹) e pelo tempo de esforço durante cada sessão de treino (mlO₂×kg⁻¹×min⁻¹). Os cálculos de custo durante o exercício receberam a referência ON, enquanto que o custo após o exercício (EPOC) recebeu a referência OFF. Em todos os modelos, para cálculo do componente aeróbio, foram utilizados valores referentes ao consumo de O₂ durante a atividade (EqO_{2ON}). Entretanto, cada modelo utilizou diferentes formas para caracterizar a contribuição anaeróbia total, que foi composta pela contribuição alática mais láctica no modelo #1, EPOC total no modelo #2 e EPOC total + componente láctico no modelo #3.

Após a obtenção de valores referentes ao EqO₂ de cada sessão é necessário realizar a multiplicação dos valores referentes ao período de atividade (metabolismo

aeróbio) por 5,05 e durante a recuperação por 4,7 para a conversão em valores de kcal como sugerido por Scott (2006).

Figura 2 - Representação dos modelos adotados para obtenção do custo energético. Modelo #1: $EqO_{2ON} + EqO_{2[La-]} + EqO_{2EPOCFast}$; Modelo #2: $EqO_{2ON} + EqO_{2EPOCTotal}$; Modelo #3: $EqO_{2ON} + EqO_{2[La-]} + EqO_{2EPOCTotal}$.



6.11 Tratamento estatístico

A normalidade e a esfericidade dos dados foram avaliadas pelo teste de Shapiro-Wilk ($n < 50$) (SHAPIRO; WILK, 1965) e de Mauchly (MAUCHLY, 1940). Adotado a normalidade dos dados, os resultados foram apresentados em torno da média e desvio-padrão (DP). O teste t-Student independente verificou a diferença

entre as variáveis de desempenho, variáveis cardiorrespiratórias e o gasto calórico nos metabolismos aeróbio e anaeróbio. Uma ANOVA de uma via foi utilizada para comparar a ativação do metabolismo aeróbio e anaeróbio láctico entre os protocolos de TR. Uma ANOVA de duas vias (protocolo vs. exercício) para medidas repetidas foi usada para comparar as respostas $[La^-]$ e $\dot{V}O_2$ em todos os exercícios das sessões de treino. Quando um valor F significativo foi encontrado, como *post hoc* de Tukey foi realizado para localizar diferenças. O tamanho do efeito foi determinado pelo eta quadrado parcial (η_p^2) (equação 5) e interpretado como: 0,0099 = pequeno; 0,0588 = médio e 0,1379 = grande (COHEN, 1988).

$$\eta_p^2 = \frac{SQ_{efeito}}{(SQ_{efeito} - SQ_{erro})} \quad (7)$$

onde, η_p^2 é o tamanho do efeito, SQ são os somatórios dos quadrados do efeito e do erro associado ao efeito. O nível de significância foi estabelecido em $P \leq 0,05$. A análise estatística foi realizada com o programa SPSS versão 18.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, EUA).

7 RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os valores máximos alcançados pelos voluntários durante o teste incremental em esteira. Os sujeitos apresentaram um nível de condicionamento cardiovascular médio ($34 - 43,9 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) (McARDLE *et al.*, 2008) e os parâmetros FC e QR atenderam aos critérios de Poole *et al.* (2008), demonstrando que o teste incremental levou às condições de esforço máximo: $\text{FC}_{\text{max}} = 95,2 \pm 4,0\%$ e $\text{QR} = 1,3 \pm 0,2$.

Tabela 1 – Tabela descritiva das variáveis encontradas durante teste incremental em esteira. Valores em média $\pm$ DP. (N=7)

	Basal	Pico
[La ⁻] ($\text{mmol} \times \text{L}^{-1}$)	$0,8 \pm 0,2$	$12,5 \pm 3,9$
$\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{max}}$ ($\text{L} \times \text{min}^{-1}$)	$0,5 \pm 0,1$	$3,3 \pm 0,6$
$\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{max}}$ ($\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$)	$6,0 \pm 1,0$	$40,0 \pm 4,5$
FC ($\text{bpm} \times \text{min}^{-1}$)	75 ± 15	183 ± 6
QR	$0,8 \pm 0,1$	$1,3 \pm 0,2$

[La⁻]: concentração de lactato; $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{max}}$: máximo volume de oxigênio; FC: frequência cardíaca; QR: quociente respiratório.

A Tabela 2 apresenta os valores referentes as variáveis de desempenho em ambos os protocolos, $\text{TR}_{\text{High_Conv}}$ e $\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$. Os valores de força máxima obtidos por meio de teste de 1RM foram para SR $84,6 \pm 14,6 \text{ kg}$, RH $99,1 \pm 25,3 \text{ kg}$, TP $74,0 \pm 8,4 \text{ kg}$, RD $40,0 \pm 12,4 \text{ kg}$, CE $64,0 \pm 5,2 \text{ kg}$, MF $63,5 \pm 9,1 \text{ kg}$, LP45 $374,8 \pm 53,5 \text{ kg}$ e PLP $409,1 \pm 58,5 \text{ kg}$. As comparações entre as variáveis de desempenho apresentaram valores significativamente maiores no protocolo $\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$ para a variável tempo total (tempo de execução mais tempo de intervalos) nos exercícios de RD ($t_{[11,9]} = 2,348$; $p = 0,037$) e PLP ($t_{[-3,2]} = 17$; $p = 0,005$) e para o número de repetições nos exercícios SR ($t_{[8,2]} = 9,946$; $p = 0,000$), RH ($t_{[8,6]} = 9,000$; $p = 0,000$),

TP ($t_{[9,1]} = 9,953$; $p = 0,003$), RD ($t_{[14,2]} = 18$; $p = 0,000$), CE ($t_{[12,3]} = 9,051$; $p = 0,000$), MF ($t_{[7,2]} = 18$; $p = 0,000$), LP45 ($t_{[6,4]} = 18$; $p = 0,000$), PLP ($t_{[35,2]} = 9,000$; $p = 0,000$) e sessão ($t_{[21,7]} = 18$; $p = 0,000$). O protocolo TR_{Low_RFS} foi equivalente à 64,8% (17230 $\pm$ 2327 CT) do total do protocolo TR_{High_Conv}, mesmo alcançando 31,6% a mais de repetições totais (399 $\pm$ 9 NTR). Foi observado a ocorrência de falha muscular na execução do protocolo TR_{High_Conv}, enquanto o TR_{Low_RFS} não levou os participantes à falha. O protocolo TR_{High_Conv} apresentou maior volume nos exercícios SR ($t_{[-2,7]} = 18$; $p = 0,013$), RH ($t_{[-5,5]} = 12,280$; $p = 0,000$), TP ($t_{[-7,7]} = 18$; $p = 0,000$), CE ($t_{[-6,0]} = 18$; $p = 0,000$), MF ($t_{[-2,5]} = 18$; $p = 0,022$), LP45 ($t_{[-2,9]} = 18$; $p = 0,008$), PLP ($t_{[-8,3]} = 18$; $p = 0,000$) e sessão ($t_{[-5,8]} = 13,534$; $p = 0,000$).

Tabela 2 - Variáveis de desempenho. Valores em média $\pm$ DP. (N=10)

Exercícios	Treino	T execução (s)	T total (min)	NTR	CT (kg)
SR	TR _{High_Conv}	76 $\pm$ 16	4,9 $\pm$ 1,9	30 $\pm$ 5*	1654 $\pm$ 522*
	TR _{Low_RFS}	90 $\pm$ 26	5,5 $\pm$ 0,7	44 $\pm$ 1	1140 $\pm$ 280
RH	TR _{High_Conv}	69 $\pm$ 13*	4,5 $\pm$ 1,7	31 $\pm$ 5*	1986 $\pm$ 369*
	TR _{Low_RFS}	88 $\pm$ 19	5,6 $\pm$ 0,7	45 $\pm$ 0	1287 $\pm$ 160
TP	TR _{High_Conv}	65 $\pm$ 12	4,7 $\pm$ 1,8	33 $\pm$ 4*	1511 $\pm$ 140*
	TR _{Low_RFS}	78 $\pm$ 21	5,2 $\pm$ 0,7	45 $\pm$ 1	1007 $\pm$ 152
RD	TR _{High_Conv}	62 $\pm$ 10*	5,1 $\pm$ 1,8*	21 $\pm$ 4*	542 $\pm$ 123
	TR _{Low_RFS}	92 $\pm$ 24	6,5 $\pm$ 1,1	44 $\pm$ 3	507 $\pm$ 102
CE	TR _{High_Conv}	111 $\pm$ 31*	5,5 $\pm$ 2,1	67 $\pm$ 6*	2667 $\pm$ 428*
	TR _{Low_RFS}	149 $\pm$ 36	6,8 $\pm$ 1,5	90 $\pm$ 0	1717 $\pm$ 252
MF	TR _{High_Conv}	60 $\pm$ 14	5,0 $\pm$ 1,8	28 $\pm$ 5*	1177 $\pm$ 295*
	TR _{Low_RFS}	93 $\pm$ 32	5,8 $\pm$ 0,8	43 $\pm$ 4	895 $\pm$ 201
LP45	TR _{High_Conv}	76 $\pm$ 27	5,6 $\pm$ 2,6	28 $\pm$ 6*	7271 $\pm$ 2293*
	TR _{Low_RFS}	91 $\pm$ 33	5,6 $\pm$ 1,0	43 $\pm$ 4	4931 $\pm$ 994
PLP	TR _{High_Conv}	55 $\pm$ 16*	9,1 $\pm$ 3,2*	36 $\pm$ 1*	9790 $\pm$ 1277*
	TR _{Low_RFS}	74 $\pm$ 22	9,5 $\pm$ 0,5	45 $\pm$ 0	5747 $\pm$ 864

Sessão	TR_{High_Conv}	576 ± 103*	44,4 ± 6,0	273 ± 16*	26598 ± 4476*
	TR_{Low_RFS}	755 ± 193	50,4 ± 5,2	399 ± 9	17230 ± 2327

TR_{Low_RFS}: treino resistido de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo; TR_{High_Conv}: treino resistido convencional de alta intensidade; T execução: tempo de execução; T total: tempo total; NTR: número total de repetições; CT: carga de trabalho; SR: supino reto; RH: remada horizontal; TP: tríceps polia; RD: rosca direta; CE: cadeira extensora; MF: mesa flexora; LP45: leg press 45°; PLP: panturrilha leg press 45°. * p ≤ 0,05, diferença estatística entre os protocolos.

A Tabela 3 apresenta as respostas cardiovasculares, hemodinâmicas e de PSE. Foi observada uma maior magnitude dessas variáveis no TR_{High_Conv} tanto na PSE quanto na FC. Para a variável PSE, a diferença foi observada nos exercícios SR ($t_{[-5,2]} = 18$; p = 0,000), RH ($t_{[-3,0]} = 18$; p = 0,007), TP ($t_{[-3,2]} = 18$; p = 0,005), RD ($t_{[-3,7]} = 18$; p = 0,001), LP45 ($t_{[-2,6]} = 14,102$; p = 0,019), e média da sessão ($t_{[-4,0]} = 18$; p = 0,001). Na FC o protocolo TR_{High_Conv} alcançou valores significativamente maiores nos exercícios TP ($t_{[-2,5]} = 18$; p = 0,023), CE ($t_{[-3,1]} = 18$; p = 0,006), PLP ($t_{[-2,7]} = 17$; p = 0,015) e média da sessão ($t_{[-2,4]} = 18$; p = 0,024). Não houve diferença significativa observada nas variáveis PAS e PAD.

Tabela 3 - Variáveis cardiorrespiratórias. Valores em média ± DP. (N=10)

Exercícios	Treino	PSE	FC (bpm)	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)
SR	TR_{High_Conv}	8 ± 1*	113 ± 23	128 ± 7	83 ± 5
	TR_{Low_RFS}	6 ± 1	102 ± 15	127 ± 7	81 ± 3
RH	TR_{High_Conv}	8 ± 2*	140 ± 26	138 ± 8	89 ± 8
	TR_{Low_RFS}	6 ± 1	125 ± 23	134 ± 7	87 ± 9
TP	TR_{High_Conv}	8 ± 1*	142 ± 21*	140 ± 10	93 ± 10
	TR_{Low_RFS}	6 ± 1	116 ± 26	134 ± 8	87 ± 7
RD	TR_{High_Conv}	9 ± 1*	142 ± 23	135 ± 13	93 ± 9
	TR_{Low_RFS}	8 ± 1	136 ± 18	138 ± 8	87 ± 7
CE	TR_{High_Conv}	8 ± 1	137 ± 16*	146 ± 13	92 ± 7
	TR_{Low_RFS}	8 ± 1	116 ± 13	136 ± 10	88 ± 7
MF	TR_{High_Conv}	9 ± 2	133 ± 17	143 ± 6	91 ± 8
	TR_{Low_RFS}	7 ± 1	122 ± 18	138 ± 6	89 ± 7
LP45	TR_{High_Conv}	9 ± 1*	140 ± 21	144 ± 13	92 ± 11
	TR_{Low_RFS}	7 ± 2	126 ± 9	143 ± 8	94 ± 7

PLP	TR_{High_Conv}	7 ± 1	130 ± 18*	133 ± 10	87 ± 9
	TR_{Low_RFS}	5 ± 2	109 ± 16	132 ± 13	88 ± 8
Sessão	TR_{High_Conv}	8 ± 1*	135 ± 17*	138 ± 6	90 ± 6
	TR_{Low_RFS}	7 ± 1	111 ± 25	135 ± 5	87 ± 4

TR_{Low_RFS}: treino resistido de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo; TR_{High_Conv}: treino resistido convencional de alta intensidade; SR: supino reto; RH: remada horizontal; TP: tríceps polia; RD: rosca direta; CE: cadeira extensora; MF: mesa flexora; LP45: leg press 45°; PLP: panturrilha leg press 45°; PSE: percepção subjetiva de esforço; FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica. * $p \leq 0,05$, diferença estatística entre os protocolos.

A Tabela 4 apresenta a ativação do metabolismo anaeróbio láctico para ambos protocolos em $\text{mmol} \times \text{L}^{-1}$ com os valores para cada exercício e o pico ao final da sessão. O teste ANOVA revelou haver diferença estatística significativa ($F_{[2,16;38,9]} = 6,871$; $p = 0,002$; $\eta^2_p = 0,276$ [grande]) no protocolo de TR_{High_Conv} nos seguintes exercícios para o valor de repouso da sessão, SR ($p = 0,010$), RH ($p = 0,001$), TP ($p = 0,004$), RD ($p = 0,000$), CE ($p = 0,001$), MF ($p = 0,000$), LP45 ($p = 0,000$), PLP ($p = 0,000$) e pico ($p = 0,000$). No protocolo de TR_{Low_RFS} também foi observada essa ocorrência nos exercícios SR ($p = 0,000$), RH ($p = 0,000$), TP ($p = 0,000$), RD ($p = 0,000$), CE ($p = 0,000$), MF ($p = 0,000$), LP45 ($p = 0,000$), PLP ($p = 0,000$) e pico ($p = 0,000$). Ao se comparar os protocolos, foram observados maiores valores de $[\text{La}^-]$ no protocolo TR_{Low_RFS}, com diferença estatística para os exercícios SR ($p = 0,054$), RH ($p = 0,049$), TP ($p = 0,036$), RD ($p = 0,006$), CE ($p = 0,009$), MF ($p = 0,007$), LP45 ($p = 0,020$), PLP ($p = 0,012$), pico da sessão ($p = 0,019$) e delta da sessão (Δ Sessão) ($0,017$).

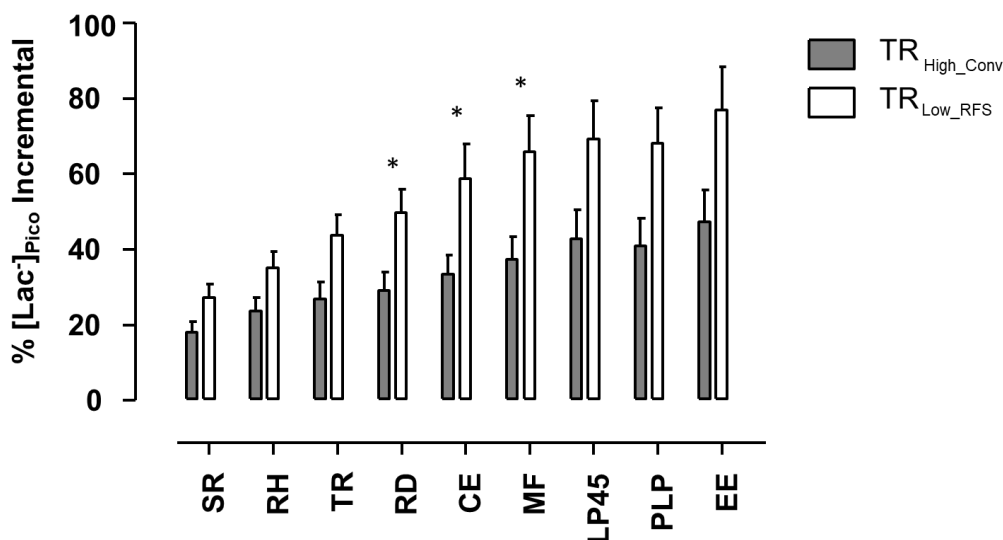
Tabela 4 - Ativação do metabolismo anaeróbio láctico durante os protocolos. Valores em média $\pm$ DP. (N=10)

	[La⁻] (mmol$\times$L⁻¹)	
	TR_{High_Conv}	TR_{Low_RFS}
Repouso	1,5 $\pm$ 0,2	1,3 $\pm$ 0,3
SR	2,5 $\pm$ 0,8 [#] *	3,1 $\pm$ 0,7 [#]
RH	3,1 $\pm$ 0,9 [#] *	4,0 $\pm$ 0,8 [#]
TP	3,6 $\pm$ 1,4 [#] *	5,0 $\pm$ 1,2 [#]
RD	3,9 $\pm$ 1,3 [#] *	5,8 $\pm$ 1,0 [#]
CE	4,6 $\pm$ 1,2 [#] *	6,8 $\pm$ 1,6 [#]
MF	5,0 $\pm$ 1,2 [#] *	7,6 $\pm$ 1,8 [#]
LP45	5,7 $\pm$ 1,5 [#] *	8,1 $\pm$ 2,0 [#]
PLP	5,5 $\pm$ 1,5 [#] *	8,0 $\pm$ 1,8 [#]
Pico	6,2 $\pm$ 1,5 [#] *	8,9 $\pm$ 2,2 [#]
Δ Sessão	4,7 $\pm$ 1,4 [#] *	7,5 $\pm$ 2,2 [#]

[La⁻]: concentração de lactato; SR: supino reto; RH: remada horizontal; TR: tríceps polia; RD: rosca direta; CE: cadeira extensora; MF: mesa flexora; LP45: leg press 45°; PLP: panturrilha leg press 45°; Pico: valor ao final da sessão; Δ Sessão: delta da sessão. #, Diferença estatística entre repouso e exercício; *, Diferença estatística entre TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS}.

Na comparação da utilização do metabolismo anaeróbio láctico de ambos os protocolos, como apresentado na Figura 3, o teste de ANOVA para medidas repetidas apresentou maior ativação no TR_{Low_RFS} nos exercícios de RD (p = 0,04), CE (p = 0,049) e MF (p = 0,041).

Figura 3 - Comparação da porcentagem de ativação do metabolismo anaeróbio láctico entre os protocolos TR_{Low_RFS} e TR_{High_Conv}, em comparação com resposta durante o teste incremental. SR: supino reto; RH: remada horizontal; TP: tríceps polia; RD: rosca direta; CE: cadeira extensora; MF: mesa flexora; LP45: leg press 45°; PLP: panturrilha leg press 45°; EE: valor ao final da sessão. *, Diferença estatística entre TR_{Low_RFS} e TR_{High_Conv}. (N=7)



A Tabela 5 representa a porcentagem de ativação do metabolismo aeróbio nos protocolos de treino. As comparações entre a ativação do metabolismo aeróbio entre o protocolo TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} não apresentaram diferença significativa ($F_{[2,9;38,2]} = 2,932$; $p = 0,000$; $\eta^2_p = 0,705$ [grande]). Mas em relação ao repouso o protocolo de TR_{High_Conv} apresentou diferença estatística significativa nos seguintes exercícios, SR ($p = 0,000$), RH ($p = 0,000$), TP ($p = 0,000$), RD ($p = 0,000$), CE ($p = 0,000$), MF ($p = 0,000$), LP45 ($p = 0,000$), PLP ($p = 0,000$), pico ($p = 0,000$) e Δ Sessão ($p = 0,000$). No protocolo de TR_{Low_RFS} também foi observada essa ocorrência nos exercícios SR ($p = 0,000$), RH ($p = 0,000$), TP ($p = 0,000$), RD ($p = 0,000$), CE ($p = 0,000$), MF ($p = 0,000$), LP45 ($p = 0,000$), PLP ($p = 0,000$), pico ($p = 0,000$) e Δ Sessão ($p = 0,000$).

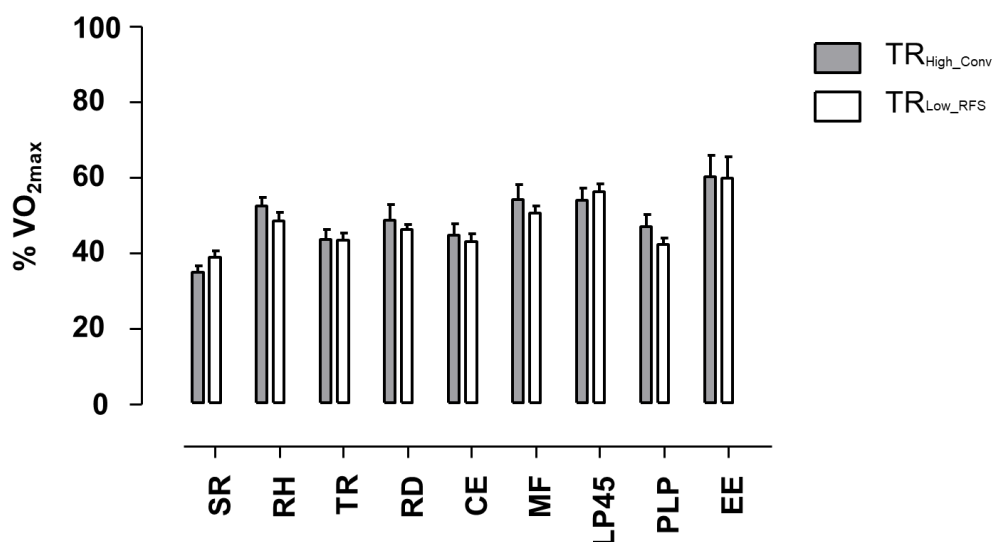
Tabela 5 - Ativação do metabolismo aeróbio durante os protocolos. Valores em média $\pm$ DP. (N=9)

	$\dot{V}O_2$ (L $\times$ min ⁻¹)	
	TR _{High_Conv}	TR _{Low_RFS}
Repouso	0,7 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,2
SP	1,2 $\pm$ 0,2 [#]	1,3 $\pm$ 0,1 [#]
RH	1,8 $\pm$ 0,4 [#]	1,6 $\pm$ 0,2 [#]
TR	1,4 $\pm$ 0,1 [#]	1,4 $\pm$ 0,2 [#]
RD	1,6 $\pm$ 0,4 [#]	1,5 $\pm$ 0,2 [#]
CE	1,5 $\pm$ 0,3 [#]	1,4 $\pm$ 0,3 [#]
MF	1,8 $\pm$ 0,3 [#]	1,7 $\pm$ 0,3 [#]
LP45	1,8 $\pm$ 0,3 [#]	1,9 $\pm$ 0,5 [#]
PLP	1,5 $\pm$ 0,4 [#]	1,4 $\pm$ 0,3 [#]
Pico	2,2 $\pm$ 0,7 [#]	2,0 $\pm$ 0,6 [#]
Δ Sessão	1,4 $\pm$ 0,3 [#]	1,5 $\pm$ 0,6 [#]

$\dot{V}O_2$: volume de oxigênio; SR: supino reto; RH: remada horizontal; TP: tríceps polia; RD: rosca direta; CE: cadeira extensora; MF: mesa flexora; LP45: leg press 45°; PLP: panturrilha leg press 45°; Pico: valor ao final da sessão; Δ Sessão: delta da sessão. [#], Diferença estatística entre repouso e exercício; *, Diferença estatística entre TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS}.

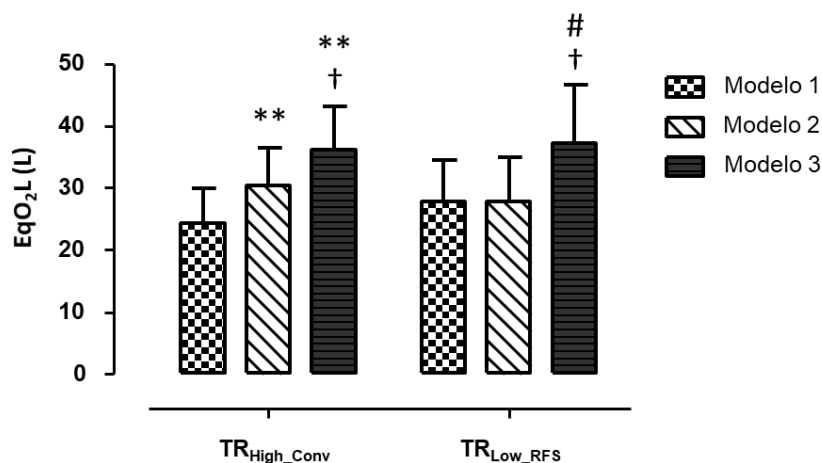
A comparação da ativação do metabolismo aeróbio entre os protocolos TR_{Low_RFS} e TR_{High_Conv} é representada na Figura 4. O teste de ANOVA One-way ($F_{[1;12]} = 0,197$; $p = 0,665$; $\eta^2_p = 0,016$; $\eta^2_p =$ pequeno) revelou não haver diferença estatística entre ambos os protocolos em nenhum exercício.

Figura 4 - Comparação da porcentagem de ativação do metabolismo aeróbio entre os protocolos TR_{Low_RFS} e TR_{High_Conv} , em comparação com o $\dot{V}O_{2max}$ durante o teste incremental. SR: supino reto; RH: remada horizontal; TP: tríceps polia; RD: rosca direta; CE: cadeira extensora; MF: mesa flexora; LP45: leg press 45°; PLP: panturrilha leg press 45°; EE: valor ao final da sessão. Não houve diferença estatística significativa entre TR_{Low_RFS} e TR_{High_Conv} . (N=7)



A Figura 5 mostra os valores do custo energético em EqO_2 a partir dos modelos propostos de ambos os protocolos. Foi observada diferenças entre EqO_{2L} entre TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} nos modelos #2 e #3, ambos apresentando maiores valores no TR_{High_Conv} . O modelo #3 apresentou valores superiores comparado ao modelo #1 ($p < 0,05$) em ambos os protocolos, mas em relação ao modelo #2 não houve diferença ($p < 0,05$).

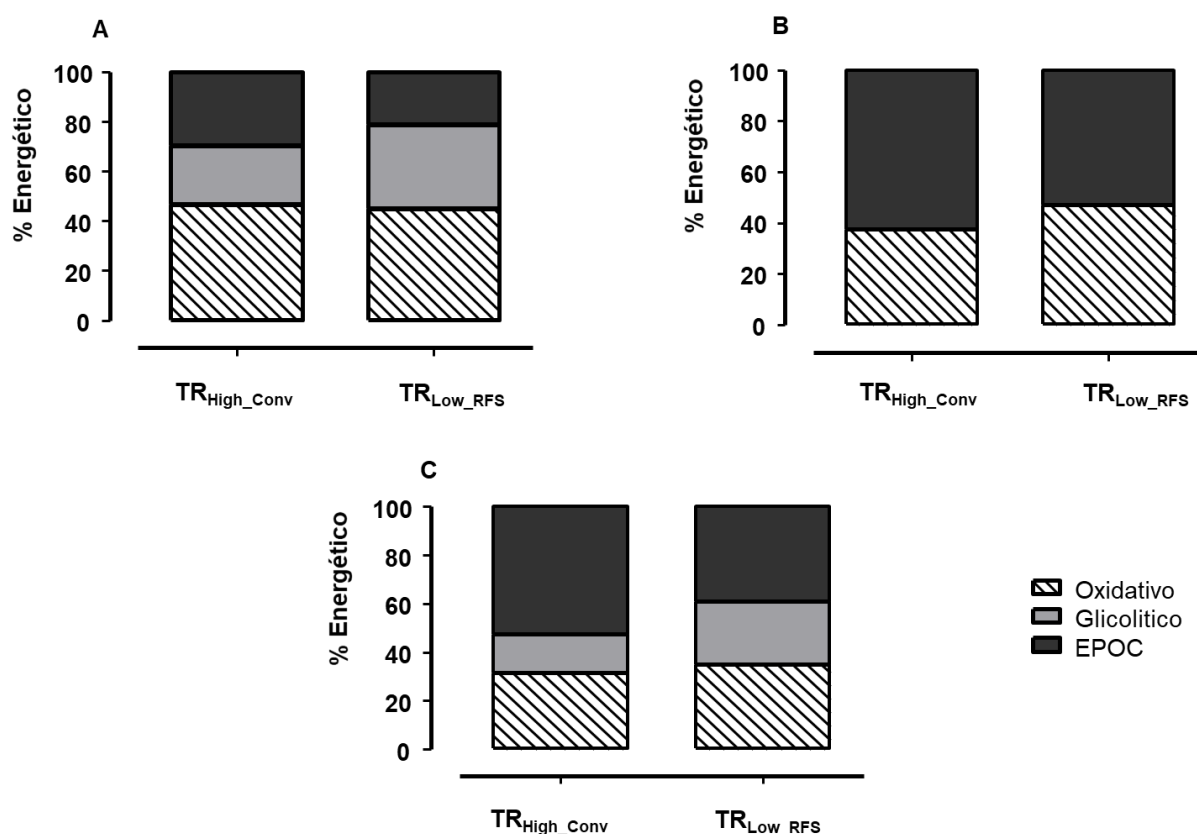
Figura 5 - Comparação do EqO₂ da sessão entre os modelos. Valores em média $\pm$ DP. † Diferença estatística com o modelo #1 ($p < 0,05$); # Diferença estatística com o modelo #2 ($p < 0,05$); ** Diferença estatística entre o TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} ($p < 0,05$). (N=9)



Na Figura 6 está apresentada a média da contribuição das vias energéticas em porcentagem de contribuição em EqO₂L. Para o modelo #1, o TR_{High_Conv} apresentou contribuição oxidativa, glicolítica e do EPOC de $11,0 \pm 3,1$ LO₂ (45,2%), $5,7 \pm 2,9$ LO₂ (23,4%) e $7,5 \pm 2,0$ kcal (31,4%), respectivamente, enquanto que o TR_{Low_RFS} apresentou valores de $12,6 \pm 3,7$ LO₂ (44,5%), $9,4 \pm 4,2$ LO₂ (33,3%) e $6,3 \pm 1,4$ LO₂ (22,2%), respectivamente. Foi observada uma contribuição oxidativa significativamente maior comparada com a glicolítica ($p = 0,001$) e de EPOC ($p = 0,001$) para TR_{High_Conv}. Para o TR_{Low_RFS} a contribuição oxidativa foi maior comparada à glicolítica ($p = 0,004$) e do EPOC ($p = 0,001$), como também o componente glicolítico foi significativamente maior do que o EPOC ($p = 0,01$). Entre os protocolos não houve diferença entre a contribuição oxidativa, porém o componente glicolítico foi maior no TR_{Low_RFS} (0,006) e o EPOC maior no TR_{High_Conv} ($p = 0,024$). Para o modelo #2, a contribuição oxidativa no TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} foi $11,0 \pm 3,1$ LO₂ (35,9%) e $12,6 \pm 3,7$ LO₂ (45,0%), respectivamente, sendo a contribuição do EPOC de $20,1 \pm 4,7$ LO₂ (64,1%) e $15,9 \pm 4,2$ LO₂ (55,4%). Ambos os protocolos apresentaram uma contribuição significativamente maior do componente do EPOC ($p = 0,001$). Entre os

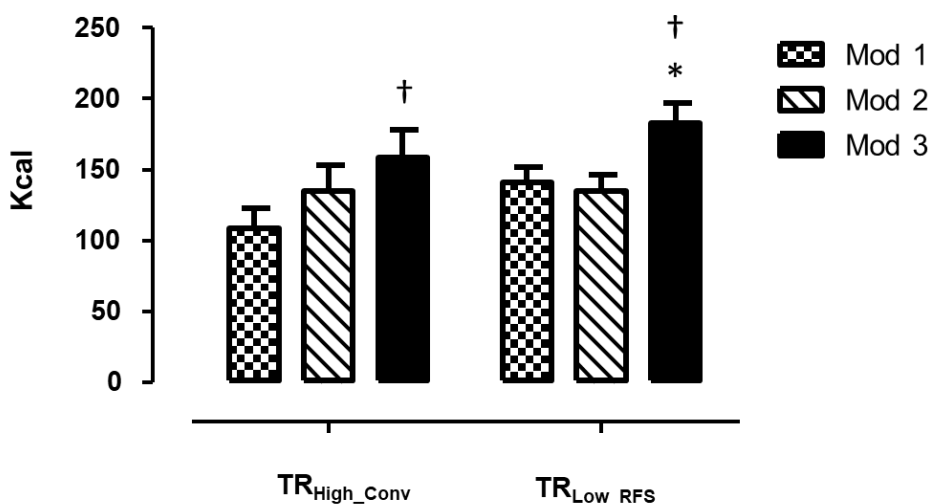
protocolos foi observada uma maior contribuição do componente oxidativo no TR_{Low_RFS} ($p = 0,003$) e do EPOC no TR_{High_Conv} ($p = 0,003$). O modelo #3 apresentou contribuição oxidativa, glicolítica e do EPOC para o TR_{High_Conv} de $11,0 \pm 3,1 \text{ LO}_2$ (30,3%), $5,7 \pm 2,9 \text{ LO}_2$ (15,7%) e $20,1 \pm 4,7 \text{ LO}_2$ (55,4%), respectivamente, enquanto que o TR_{Low_RFS} apresentou valores de $12,6 \pm 3,7 \text{ LO}_2$ (33,9%), $9,4 \pm 4,2 \text{ LO}_2$ (25,3%) e $15,9 \pm 4,2 \text{ LO}_2$ (40,9%), respectivamente. No TR_{High_Conv} foi observada uma contribuição oxidativa significativamente maior comparada com a glicolítica ($p = 0,001$) e de EPOC ($p = 0,001$). Para o TR_{Low_RFS} a contribuição oxidativa foi maior comparada à glicolítica ($p = 0,004$) e do EPOC ($p = 0,001$), como também o componente glicolítico foi significativamente maior do que o EPOC ($p = 0,01$). Entre os protocolos não houve diferença entre a contribuição oxidativa, porém o componente glicolítico foi maior no TR_{Low_RFS} (0,006) e o EPOC maior no TR_{High_Conv} ($p = 0,024$).

Figura 6 – Média do percentual da contribuição de cada variável energética em (EqO_2L) modelo #1 (Painel A), modelo #2 (Painel B) e modelo #3 (Painel C) para os protocolos TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} . Valores em média. Comparações estatísticas apresentadas no texto. (N=9)



A Figura 7 ilustra o custo energético em kcal para cada sessão de TR e conforme os modelos propostos de determinação. Os protocolos TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} não apresentaram diferença entre si. Porém, ao comparar os diferentes modelos dentro do mesmo protocolo foi observado que o modelo #3 ($p < 0,05$) apresentou maior gasto energético comparado com o modelo #1 no TR_{High_Conv}. Já no TR_{Low_RFS} o modelo #3 apresentou GE maior ao modelo #1 e #2 ($p < 0,05$).

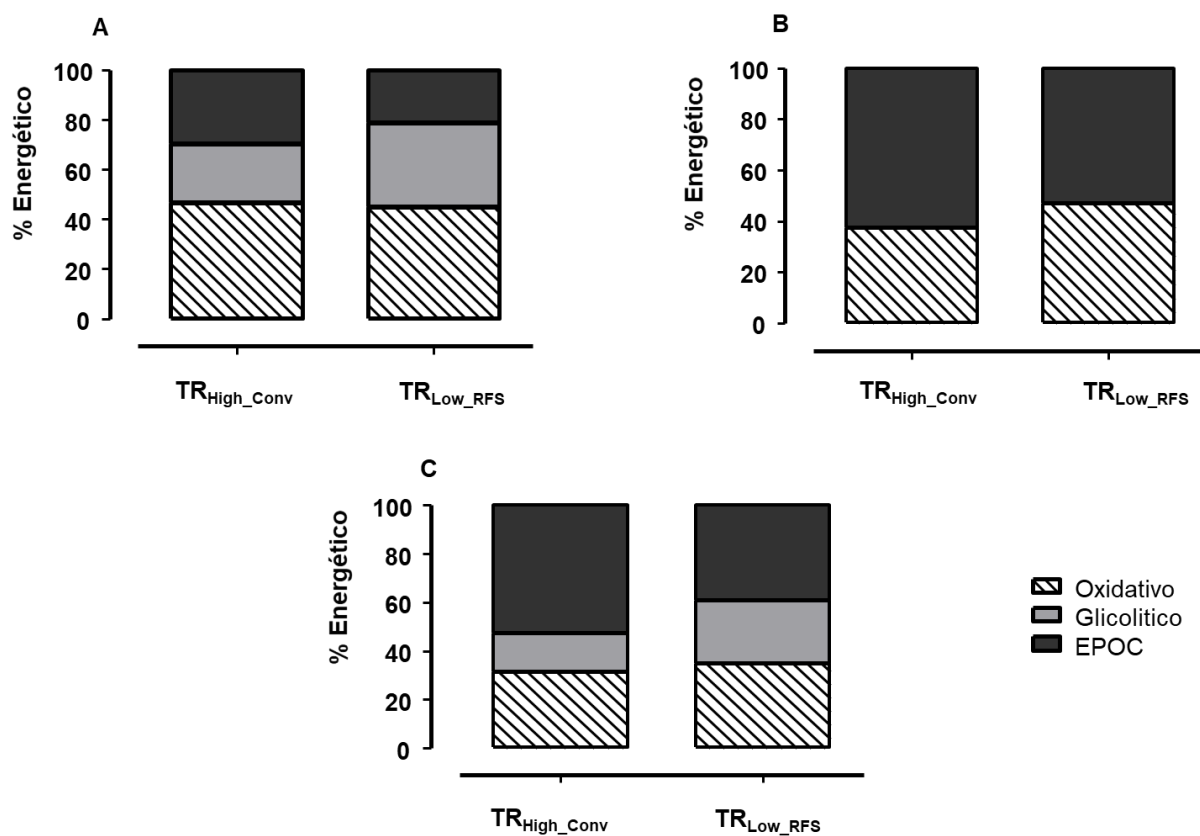
Figura 7 - Comparação do GE na sessão entre os modelos. Valores em média $\pm$ DP. † Diferença estatística com o modelo #1 ($p < 0,05$); * Diferença estatística com o modelo #2 ($p < 0,05$). (N=9)



A Figura 8 apresenta os valores da contribuição das vias energéticas em unidade por kcal. Para o modelo #1, o TR_{High_Conv} apresentou contribuição oxidativa, glicolítica e do EPOC de $55,7 \pm 5,4$ kcal (46,4%), $28,6 \pm 14,6$ kcal (23,9%) e $35,6 \pm 9,1$ (29,7%), respectivamente, enquanto que o TR_{Low_RFS} apresentou valores de $63,4 \pm 18,7$ kcal (45,0%), $47,2 \pm 21,1$ kcal (33,8%) e $29,9 \pm 6,8$ kcal (21,2%), respectivamente. Foi observada uma contribuição oxidativa significativamente maior comparada com a glicolítica ($p = 0,001$) e de EPOC ($p = 0,001$) para TR_{High_Conv}. Para o TR_{Low_RFS} a contribuição oxidativa foi maior comparada à glicolítica ($p = 0,001$) e do EPOC ($p = 0,004$), como também o componente glicolítico foi significativamente maior do que o

EPOC ($p = 0,003$). Entre os protocolos não houve diferença entre a contribuição oxidativa, porém o componente glicolítico foi maior no TR_{Low_RFS} ($0,004$) e o EPOC maior no TR_{High_Conv} ($p = 0,02$). Para o modelo #2, a contribuição oxidativa no TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} foi $55,7 \pm 15,4$ kcal (35,9%) e $63,4 \pm 18,7$ kcal (45,0%), respectivamente, sendo a contribuição do EPOC de $94,4 \pm 22,3$ kcal (64,1%) e $74,6 \pm 19,6$ kcal (55,4%). Tanto o protocolo TR_{High_Conv} apresentou uma contribuição significativamente maior do componente do EPOC ($p = 0,001$), quanto o TR_{Low_RFS} ($p = 0,002$). Entre os protocolos foi observada uma maior contribuição do componente oxidativo no TR_{Low_RFS} ($p = 0,002$) e do EPOC no TR_{High_Conv} ($p = 0,002$). O modelo #3 apresentou contribuição oxidativa, glicolítica e do EPOC para o TR_{High_Conv} de $55,7 \pm 5,4$ kcal (30,3%), $28,6 \pm 14,6$ kcal (15,7%) e $94,4 \pm 22,3$ kcal (55,4%), respectivamente, enquanto que o TR_{Low_RFS} apresentou valores de $63,4 \pm 18,7$ kcal (33,9%), $47,7 \pm 21,1$ kcal (25,3%) e $71,8 \pm 20,6$ kcal (40,9%), respectivamente. No TR_{High_Conv} foi observada uma contribuição oxidativa significativamente maior comparada com a glicolítica ($p = 0,001$), porém o componente do EPOC foi maior do que ambos, oxidativa ($p = 0,001$) e glicolítica ($p = 0,001$). Para o TR_{Low_RFS} a contribuição do EPOC foi maior comparada à glicolítica ($p = 0,001$) e da oxidativa ($p = 0,01$), entretanto, sem diferença entre o componente glicolítico e o oxidativo. Entre os protocolos não houve diferença entre a contribuição oxidativa, porém o componente glicolítico foi maior no TR_{Low_RFS} ($0,002$) e o EPOC maior no TR_{High_Conv} ($p = 0,001$).

Figura 8 - Média do percentual da contribuição de cada variável energética em unidade de kcal, modelo #1 (Painel A), modelo #2 (Painel B) e modelo #3 (Painel C) para os protocolos TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} . Valores em média. Comparações estatísticas apresentadas no texto. (N=9)



8 DISCUSSÃO

Quanto às respostas fisiológicas (O_2 , lactato, EPOC, frequência cardíaca) nossos resultados indicam que os protocolos diferem nas variáveis de lactato, EPOC e frequência cardíaca, sendo observado maiores valores de EPOC e frequência cardíaca no treino convencional, enquanto no treino com restrição de fluxo houve uma maior ativação do metabolismo glicolítico. Contudo, ambos os protocolos apresentaram atividade oxidativa similares. Os resultados também demonstraram que não houve diferença quanto à contribuição aeróbia e anaeróbia entre os protocolos, mas a porcentagem da contribuição anaeróbia é maior do que a contribuição aeróbia. Com relação ao gasto energético os resultados demonstram não haver diferença entre os protocolos, porém há diferença entre os modelos, sendo o modelo #3 o que apresentou maior valor.

Em relação as respostas fisiológicas os estudos mostram que os treinos diferem e que os fatores determinantes para isso ocorrer são a carga de trabalho e a intensidade de carga (porcentagem de 1RM) do exercício. Apesar da restrição sanguínea promover o decréscimo do retorno venoso e a queda do volume de ejeção, alterando as respostas de $\dot{V}O_2$, concentração de lactato, EPOC e frequência cardíaca, quando comparada com protocolos de alta intensidade, o protocolo com maior carga de trabalho parece promover maiores aumentos em um maior número de variáveis (HOLLANDER *et al.*, 2010; MINAMI *et al.*, 2012; SARDELI *et al.*, 2017; ARAÚJO *et al.*, 2018).

No presente estudo foi observado que houve diferença com relação ao desempenho. Referente à essa questão, dois pontos a serem considerados são o número de repetições e a sobrecarga total de treino. Parece que o número de repetições teve influência sobre o nível de glicólise, mas não sobre a percepção

subjetiva de esforço. Observamos que a sobrecarga de treino teve uma maior influência sobre a percepção de esforço. Os achados também demonstraram que a execução com restrição proporcionou maior número de repetições e tempo para executar cada exercício e, conseqüentemente, completar a sessão de treino. Contudo, a execução convencional proporcionou uma carga de treino 35% maior que aquela observada durante a execução com restrição. Embora, a restrição de fluxo promova o aumento do acúmulo da concentração de metabólitos e desconforto gerado pelo manguito, ainda é possível realizar um maior número de repetições devido à baixa carga. Dessa forma, parece que a intensidade de carga é um fator determinante para induzir uma falha muscular, por levar à uma maior carga de treino (HOLLANDER *et al.*, 2010).

Curiosamente há estudos apresentando maiores percepções de esforço associados à maiores níveis de lactato, porém nosso estudo não observou tal ocorrência. Isso se deve ao fato de que alguns protocolos utilizaram uma restrição contínua, sem a retirada da obstrução causada pelo manguito entre os exercícios (NETO *et al.*, 2016; MATTOCKS *et al.*, 2019). Outro fator observado pelos estudos foi a utilização de séries até a falha ou com mais repetições para o treino com restrição, aumentando a percepção de esforço (LOENNEKE *et al.*, 2010; 2011b) Dessa forma, a maior percepção de esforço encontrada no treino de alta intensidade indicada pelos voluntários nos exercícios e conseqüentemente na média da sessão pode estar relacionado a três fatores: (a) maior volume do treino de alta intensidade; (b) os participantes não chegaram à falha voluntária no treino com oclusão; (c) a intermitência da restrição de fluxo sanguíneo (KIM *et al.*, 2017; MILLER *et al.*, 2021). Pois uma forma de minimizar a sensação de desconforto gerado pela restrição de

fluxo é permitindo a reperfusão sanguínea durante a prática e assim diminuindo a percepção subjetiva de esforço (MILLER *et al.*, 2021).

Quanto à comparação da contribuição dos metabolismos o componente aeróbio apresentou níveis similares de ativação em ambos os protocolos. Apesar da escassez de literatura em observar o custo de O₂ em treino resistido com restrição, há estudos com exercícios aeróbios que podem auxiliar no entendimento dessa variável. Nesse tipo de exercício foi demonstrado que a restrição de fluxo sanguíneo aumenta o custo de O₂ da atividade em comparação com um exercício de mesma intensidade sem restrição, por meio de fatores fisiológicos e biomecânicos que provavelmente afetam essa resposta (ABE *et al.*, 2006; 2010; PARK *et al.*, 2010; MENDONCA *et al.*, 2014). Parece que a isquemia gerada pela compressão do músculo gera uma redução da distribuição intramuscular de O₂ e um recrutamento maior de fibras tipo II, levando à uma diminuição da economia de movimento, assim sendo necessário um maior consumo para suprir essa demanda (MENDONCA *et al.*, 2015; ARAÚJO *et al.*, 2018). Outro fator que parece influenciar um aumento da resposta oxidativa é a intermitência da restrição, promovendo um ciclo de menor e maior perfusão no músculo, alternando o volume ofertado de O₂, aumentando o metabolismo oxidativo (CLANTON; KLAUITTER, 2001).

Apesar de haver somente um único estudo comparando um protocolo de treino resistido de alta intensidade com um de baixa intensidade e restrição de fluxo, Araújo *et al.* (2018) demonstraram que mesmo o treino de alta intensidade possuindo uma carga de treino duas vezes maior do que o treino com restrição, gera apenas uma diferença de consumo 23% maior, indicando que a restrição aumentou a intensidade da via aeróbia do treino de baixa intensidade, diminuindo a diferença de custo energético entre os protocolos. Os resultados do presente estudo parecem corroborar

com a literatura ao observarmos que não houve diferença estatística entre os protocolos, demonstrando que a técnica de restrição de fluxo sanguíneo pode promover elevações na ativação do metabolismo oxidativo equivalentes ao do treino de alta intensidade. Assim como, a porcentagem de ativação do metabolismo aeróbio nos protocolos foi compatível com o demonstrado na literatura para o treino resistido, ficando entre 46 e 60% do $\dot{V}O_{2max}$ (SCALA *et al.*, 1987; COLLINS *et al.*, 1989, FLECK, 2003).

Quanto à ativação do metabolismo glicolítico os estudos apontam que ao usar a restrição de fluxo sanguíneo em conjunto com o treino resistido de baixa intensidade, os níveis de lactato sanguíneo são similares ou superiores aos produzidos pelo treino de alta intensidade. Tal fenômeno é decorrente do acúmulo de sangue gerado pela compressão do manguito, induzindo uma redução do retorno venoso, assim diminuindo a disponibilidade de O_2 na região durante a atividade e exigindo uma maior contribuição do metabolismo glicolítico (FUSCO *et al.*, 2020;). Os valores de concentração de lactato apresentados na literatura variam de 2 a 9 $mmol \times L^{-1}$ (TAKARADA *et al.*, 2000; REEVES *et al.*, 2006; LOENNEKE *et al.*, 2012; 2012; POTON; POLITO, 2014; VIEIRA *et al.*, 2015; KIM *et al.*, 2017; CLAEEL *et al.*, 2021), sendo essa variedade de valores decorrente da diferença de protocolos utilizados.

É possível sugerir que o aumento de lactato sanguíneo identificado em nosso estudo seria resultado do acúmulo do metabólito no leito vascular ocluído, o que teria restringido sua circulação pelo organismo e, conseqüentemente, seu uso como substrato pelos músculos (TAKARADA *et al.*, 2000; VAN HALL, 2010; CONCEIÇÃO *et al.*, 2018; ANICETO *et al.*, 2021). No entanto, essa hipótese possivelmente tenha tido menor influência, pois observou-se maior concentração de lactato em todos os exercícios e ao final da sessão utilizando a restrição de forma intermitente, assim

havendo tempo entre os exercícios para o lactato circular por todo o corpo e provavelmente ser utilizado como substrato, assim como no exercício sem restrição de fluxo sanguíneo. Outro fator que pode ter influenciado essa resposta glicolítica foi o número significativamente maior de repetições e consequentemente maior tempo em atividade dos músculos (WIRTZ *et al.*, 2014). Desta forma, é importante destacar que mesmo não sendo o metabolismo com maior contribuição na atividade, é uma importante fonte de energia para sustentar a contração muscular, sendo gerador de 25-34% do total da atividade.

Em relação ao EPOC, a literatura aponta uma relação entre a magnitude e a intensidade do exercício, sendo que é necessário intensidades acima de 50-60% do $\dot{V}O_{2max}$ para produzir efeitos significativos na magnitude do EPOC (BORSHEIM; BAHR, 2003; MENDONCA *et al.*, 2015). Os resultados indicam uma exigência média de 49 e 47% do $\dot{V}O_{2max}$ para os protocolos de alta intensidade e o de baixa intensidade com restrição, respectivamente. Apesar de ambos demonstrarem essa porcentagem de ativação do metabolismo oxidativo, o protocolo convencional apresentou maior magnitude de EPOC. Isso porque estudos apontam que a intensidade do exercício é mais importante do que a duração para a magnitude do EPOC (GORE; WITHERS, 1990; BAHR; SEJERSTED, 1991; SMITH; NAUGHTON, 1993).

Isso fica demonstrado quando se observa as respostas hemodinâmicas e perceptuais das sessões, mostrando maior percepção subjetiva de esforço e frequência cardíaca atrelado ao maior EPOC, para atividade que foi classificada como mais intensa, em consonância com a maior sobrecarga de treino, demonstrando que o número de repetições e lactato, tanto não interferiu na percepção de esforço como também não interfere no EPOC, quando comparado ao treino tradicional.

Foi observada essa relação das respostas hemodinâmicas com a intensidade ao se comparar o treino de alta intensidade com o de baixa intensidade e restrição a literatura mostrando menores valores de frequência cardíaca e pressão arterial no treino com restrição, sugerindo que a carga é um fator mais determinante para provocar aumentos hemodinâmicos no exercício resistido (POTON; POLITO, 2014; VILAÇA ALVES *et al.* 2016). Foi observado esse efeito no presente estudo ao demonstrar maiores valores no treino de alta intensidade, tanto nos exercícios TP, CE e PLP, quanto ao final na sessão. Portanto, assim como em estudos com um único exercício (KACIN; STRAZER, 2011; POTON; POLITO, 2014; MAY *et al.*, 2017) ou exercícios do mesmo grupo muscular (ROSSOW *et al.*, 2011; MORIGGI *et al.*, 2015; VILAÇA-ALVES *et al.*, 2016), parece que a resposta da frequência cardíaca de uma sessão composta por um maior número de exercícios e com diferentes segmentos corporais, também é maior no treino de alta intensidade. Esta resposta parece ser influenciada pela maior carga de treino e maior recrutamento de unidades motoras na sessão composta por maior número de exercícios (MORIGGI *et al.*, 2015; VILAÇA-ALVES *et al.*, 2016).

Contudo, há estudos demonstrando uma resposta diferente (TAKANO *et al.*, 2005; VIEIRA *et al.*, 2013). Uma hipótese para explicar o aumento da frequência cardíaca e pressão arterial no treino com restrição nesses estudos está relacionado ao fato de utilizarem repetições até a falha concêntrica (TAKANO *et al.*, 2005), cargas maiores para o protocolo com restrição (50% de 1RM) e uma pressão de oclusão maior (100 mmHg) (VIEIRA *et al.*, 2013), dessa forma aumentando a resistência vascular e da carga cardíaca imposta no exercício, assim diferindo dos resultados obtidos no protocolo do presente estudo.

Os resultados mostraram um gasto energético para o treino de alta intensidade condizente com os valores apresentados na literatura para o treino resistido, que pode variar de 64 a 342 kcal, utilizando os modelos #2 e #3 (THORNTON; POTTEIGER, 2002; PINTO *et al.*, 2011). Apesar dos valores do presente estudo estarem em consonância com o esperado para um protocolo de treino resistido, ao observar o treino de alta intensidade, é possível observar diferenças nas contribuições dos metabolismos em comparação com a literatura. Essa discrepância nos resultados pode ser decorrente da variedade do formato dos protocolos, tendo diferente número de exercícios, grupos musculares envolvidos e número de repetições utilizadas, variando a exigência de cada um, além dos diferentes modelos empregados para a quantificação energética.

Ao se empregar o modelo #1, foi observado valores diferentes dos apresentados por outros autores. Vianna *et al.* (2011) ao quantificar um treino de alta intensidade com quatro exercícios observou uma contribuição anaeróbia e aeróbia de $77,6 \pm 6,9\%$ e $22,3 \pm 6,9\%$ para o SR, $87,4 \pm 6,4\%$ e $12,6 \pm 6,4\%$ para o agachamento, $63,9 \pm 9,2\%$ e $36,1 \pm 9,2\%$ para TP e $72,0 \pm 13,7\%$ e $28,0 \pm 13,7\%$ para puxada costas na polia, respectivamente. Esses valores são maiores do que os apresentados no presente estudo, provavelmente pela carga utilizada, visto que, Vianna *et al.* (2011) prescreveram a sessão com 80% de 1RM, assim aumentando o componente anaeróbio.

Autores ao empregarem o modelo #2 de quantificação observaram uma maior contribuição do metabolismo oxidativo em comparação com o EPOC, sendo o posto observado no presente estudo. Ratamess *et al.* (2007) demonstraram um gasto energético oxidativo variando de 31,4 a 116,8 kcal e referente ao EPOC de 44,5 a 51,8 kcal, enquanto Thornton *et al.* (2011) apresentaram valores de 125,7 kcal e 49,6

kcal, respectivamente. Essas diferenças se devem aos protocolos utilizados. No primeiro caso, o autor utilizou somente um exercício e a forma de coleta do EPOC foi por extrapolação da área por meio de médias a cada 5-min, dessa forma deixando de incluir no cálculo o início da curva do EPOC. No segundo estudo por utilizarem uma carga menor (85% de 8RM), parece não ter sido suficiente para induzir uma maior magnitude do EPOC. Além disso, ambos os estudos não levaram os participantes até a falha concêntrica, podendo ser outro fator que possa ter influenciado as contribuições.

Contudo, ao observar estudos empregando o modelo #3 há diferentes resultados. Envolvendo séries até a falha muscular, Scott *et al.* (2011a) observaram que nos protocolos de alta intensidade a menor contribuição foi do componente aeróbio, que correspondeu entre 6,6 a 9,9%, a contribuição do componente glicolítico foi entre 41,6 a 50,6% da produção de energia e o EPOC foi responsável por 40,1% a 51,8% do gasto energético. Também usando supino, porém com duas séries até a falha, Scott *et al.* (2011b) mostraram que o maior componente do gasto energético foi o EPOC, sendo responsável por 51,3 a 61,8% do gasto energético, o componente glicolítico por 29,7 a 36,4% e o componente aeróbio teve novamente a menor contribuição, sendo de 8,5 a 14,7% do total de contribuição. Isso demonstra que as respostas em um único exercício são diferentes das observadas em um protocolo envolvendo uma maior quantidade de exercícios, sendo necessário observar a demanda em protocolos mais fidedignos com a prática.

Já em protocolos envolvendo uma sequência de oito exercícios, Aniceto *et al.* (2013) observaram uma porcentagem de contribuição dos metabolismos oxidativo, glicolítico e do EPOC para o treino de alta intensidade de 21,4%, 8% e 70,6%, respectivamente. Parece que devido à semelhança desse protocolo com o do

presente estudo, nas variáveis exercícios, número de séries e número de repetições, as contribuições dos metabolismos foram semelhantes, sendo o componente EPOC o de maior contribuição e o glicolítico o de menor. Contudo, outro estudo envolvendo um conjunto de seis exercícios demonstrou outra configuração de contribuições. No protocolo de Kelleher *et al.* (2010) foi observado uma contribuição do metabolismo oxidativo de 88,4%, glicolítico de 6,2% e EPOC de 5,4%. Apesar da porcentagem de 1RM e exercícios utilizados serem semelhantes quanto ao nosso estudo, os autores utilizaram quatro séries para os exercícios. Outro fator foi a utilização somente do delta da sessão e não dos exercícios para a mensuração do componente glicolítico, assim podendo ter subestimando a contribuição dessa via.

Ao se comparar os protocolos convencional e o com restrição, ficou demonstrado que ambos não apresentaram diferença entre si, demonstrando que a restrição de fluxo foi capaz de aumentar a intensidade da atividade, mesmo com 35% a menos de carga de trabalho e gerar um gasto energético equivalente ao do treino de alta intensidade. Contudo, ao comparar os diferentes modelos de quantificação, diferentes resultados são observados. Sendo o modelo #3 o que apresentou maiores valores absolutos. Essa diferença dos outros modelos para com o modelo #3 se faz pela quantificação da contribuição anaeróbia, já que a quantificação aeróbia é igual para todos os modelos. No modelo #1 o fato de somente quantificar a fase alática do EPOC, que corresponde à poucos segundos iniciais (GAESSER; BROOKS, 1984), deixa uma área ou período de consumo grande fora do cálculo, desse modo diminuindo o total do gasto energético nesse modelo e apresentando uma menor contribuição anaeróbia.

A diferença encontrada entre o modelo #2 e #3 na condição de alta intensidade se deve ao fato do metabolismo glicolítico não fazer parte da quantificação energética.

Como já observado, a concentração de lactato apresentou valores significativamente maiores em todos os exercícios da sessão com restrição, demonstrando como uma fonte energética importante para essa condição (MILLER *et al.*, 2021), sendo assim, retirá-lo da equação implica numa perda de um componente fundamental para a quantificação energética, subestimando o gasto energético (SCOTT; KEMP, 2005). Por fim, foi observado que o modelo #3, por considerar uma maior quantidade de elementos (metabolismo aeróbio, metabolismo glicolítico e EPOC, tanto fase *fast* quanto a *slow*) envolvidos na quantificação dos metabolismos energéticos, é dessa forma mais completo para uma mensuração total do gasto energético.

O estudo apresentou as limitações de não ter apresentado um protocolo de treinamento resistido convencional de baixa intensidade, para comparação das respostas frente ao mesmo protocolo com restrição. Outra limitação presente foi o número da amostra, dessa forma podendo representar melhor a população pesquisada, além de poder comparar indivíduos com diferentes níveis de experiência. Os estudos futuros devem reproduzir os mesmos protocolos utilizados aqui, porém enfatizar a análise de outras variáveis fisiológicas (saturação de O₂, análise doppler para restrição de fluxo sanguíneo), assim como diferentes tipos de pressão, em adição àquelas já utilizadas.

9 CONCLUSÃO

De acordo com os achados do presente estudo, pode-se concluir que o treino resistido de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo apresenta demandas fisiológicas diferentes do treino convencional de alta intensidade, quanto às repostas de carga de trabalho, frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço e concentração de lactato sanguíneo. Porém, em relação ao custo energético (em kcal), bem como quanto ao percentual de contribuição energética aeróbia e anaeróbia, ambos os protocolos não obtiveram diferença entre si, mas ratificam a predominância dos metabolismos anaeróbios para a execução do treino resistido.

Todavia, o treino de baixa intensidade com restrição de fluxo estimula um maior acúmulo da concentração de lactato sanguíneo sem, contudo, alterar a percepção de esforço e as respostas hemodinâmicas quando comparado ao exercício com carga convencional. Dessa forma, a execução de treino resistido com restrição de fluxo sanguíneo não oferece riscos à integridade muscular e cardiovascular, podendo ser aplicado a populações com comorbidades.

Ficou demonstrado que diferentes modelos geram diferentes resultados e tendo em vista que o treino resistido é uma atividade intermitente onde o indivíduo não atinge um platô metabólico, é necessário utilizar modelos que levem em consideração o componente glicolítico, para que a mensuração total da atividade não seja subestimada. Estudos futuros devem levar em consideração a análise de biomarcadores de atividade proteica e mitocondrial, para buscar responder as questões que permanecem inacabadas quanto aos efeitos agudos gerados pelo uso da restrição.

10 REFERÊNCIAS

ABE, T.; FUJITA, S.; NAKAJIMA, T.; et al. Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO₂max in young men. **J Sports Sci Med**. 9(3):452-8, 2010.

ABE, T.; KEARNS, C.F.; SATO, Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. **J Appl Physiol**. 100(5):1460-6, 2006

ANICETO, R.R.; RITTI-DIAS, R.M.; SCOTT, C.B.; et al. Acute effects of different weight training methods on energy expenditure in trained men. **Rev Bras Med Esporte** .19(3):181–185, 2013.

ANICETO, R.R.; ROBERTSON, R.; SILVA, A.S.; et al. Is rating of perceived exertion a valid method to monitor intensity during blood flow restriction exercise? **Hum Mov**. 22:68–77, 2021.

ARAÚJO JR., A.T.; CIRILO-SOUSA, M.S.; RODRIGUES, N.; et al. Oxygen uptake and resistance exercise methods: the use of blood flow restriction. **Rev Bras Med Esporte**. 24(5), 343-346, 2018.

AVILA, B.C.; SALAZAR, L.A.; CASTILLO, J.L.A.; et al. Physiological responses related to training with partial blood flow restriction on an unstable surface. **Rev Motric Hum**. 17: 46-50, 2016.

BALLOR, D.L.; BECQUE, M.D.; KATCH, V.L. Metabolic responses during hydraulic resistance exercise. **Med Sci Sports Exerc**. 19: 363–367, 1987.

BAHR, R.; SEJERSTED, O.M. Effect of intensity of exercise on excess postexercise O₂ consumption. **Metabolism**. 40: 836–841, 1991.

BEARDEN, S. E.; MOFFATT, R. J. $\dot{V}O_2$ kinetics and the O₂ deficit in heavy exercise. **J Appl Physiol**. 88 (4): 1407 – 1412, 2000.

BEHRINGER, M.; HEINKE, L.; LEYENDECKER, J.; et al. Effects of blood flow restriction during moderate-intensity eccentric knee extensions. **J Physiol Sci**. 68(5):589-599, 2017.

BENEKE, R.; LEITHÄUSER, R.M.; OCHENTEL, O. Blood Lactate Diagnostics in Exercise Testing and Training. **Int J Sports Physiol and Performance**. 6(1): 8-24, 2011.

BITTENCOURT, N. **Musculação: uma abordagem metodológica**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Sprint. 1986.

BLOOMER, R.J. Energy cost of moderate-duration resistance and aerobic exercise. **J Strength Cond Res**. 19(4):878-82, 2005.

- BORG, G. Psychophysical Bases of Perceived Exertion. **Med Sci Sports Exerc.** 14, 377-381, 1982.
- BORSHEIM, E.; BAHR, R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. **Clin Nutr.** 33: 1037–1060, 2003.
- BOUSHEL, R.; MADSEN, P.; NIELSEN, H.B.; et al. Muscle metaboreflex elevation of leg blood flow during dynamic knee extension exercise in humans. **J Physiol** 495.P, 69P, 1996.
- BOUSHEL, R. Muscle metaboreflex control of the circulation during exercise. **Acta Physiologica.** 199: 367-383, 2010.
- BURGOMASTER, K.; MOORE, D.; SCHOFIELD, L.; et al. Resistance training with vascular occlusion: Metabolic adaptations in human muscle. **Med Sci Sports Exerc.** 35: 1203–1208, 2003.
- BURNLEY, M.; DOUST, J.H.; CARTER, H.; et al. Effects of Prior Exercise and Recovery Duration on Oxygen Uptake Kinetics During Heavy Exercise in Humans. **Experimental Physiology.** 86: 417-425, 2001.
- CAMPOS, G.E.; LUECKE, T.J.; WENDELN, H.K.; et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **Eur J Appl Physiol.** 88: 50–60, 2002.
- CLANTON, T.L.; KLAWITTER, P.F. Physiological and genomic consequences of intermittent hypoxia – invited review: adaptive responses of skeletal muscle to intermittent hypoxia: the known and the unknown. **J Appl Physiol.** 90: 2476–248, 2001.
- CLARK, B.C.; MANINI, T.M.; HOFFMAN, R.L.; et al. Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. **Scand J Med Sci Sports** 21: 653–662, 2011.
- COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences.** 2nd Edn. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.1988.
- COLLINS, M.A.; CURETON, K.J.; HILL, D.W.; RAY, C.A. Relation of plasma volume change to intensity of weight lifting. **Med Sci Sports Exerc** 21:178–185, 1989.
- CONCEIÇÃO, M.S.; GÁSPARI, A.F.; RAMKRAPES, A.P.B.; et al. Anaerobic metabolism induces greater total energy expenditure during exercise with blood flow restriction. **PLoS ONE** 13(3): e0194776, 2018.
- COOK, S.B.; CLARK, B.C.; PLOUTZ-SNYDER, L.L. Effects of exercise load and blood-flow restriction on skeletal muscle function. **Med Sci Sports Exerc** 39: 1708–1713, 2007.

CORVINO, R.B.; ROSSITER, H.B.; LOCH, T.; et al. Physiological responses to interval endurance exercise at different levels of blood flow restriction. **Eur J Appl Physiol** 117, 39–52, 2017.

da SILVA, R.L.; BRENTANO, M.A.; KRUEL, L.F.M. Effects of different strength training methods on postexercise energetic expenditure. **J Strength Cond Res**. 24(8), 2255-2260, 2010.

DAY, M.L.; MCGUIGAN, M.R.; BRICE, G.; et al. Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. **J Strength Cond Res** 18: 353–358, 2004.

de OLIVEIRA, M.F.; CAPUTO, F.; CORVINO, R.B.; et al. Short-term low-intensity blood flow restricted interval training improves both aerobic fitness and muscle strength. **Scan J Med Sci in Sports**. 26, 1017–1025, 2015.

di PRAMPERO, P.E.; FERRETTI, G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. **Respir Physiol**. 118, 103–115, 1999.

DOWNS, M.E.; HACKNEY, K.J.; MARTIN, D.; et al. Acute vascular and cardiovascular responses to blood flow-restricted exercise. **Med Sci Sports Exerc**. 46(8), 1489-1497, 2014.

EWING, G.C.; BLISSMER B.; DESCHENES, M.R.; et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Med Sci Sports Exerc**. 43(7):1334–1359, 2011.

FARINATTI, P.T.V.; SIMÃO, R.; MONTEIRO, W.D.; et al. Influence of exercise order on oxygen uptake during strength training in young women. **J Strength Condi Res**. 23 (3): 1037–1044, 2009.

FARINATTI, P.; NETO, A.G.C.; DA SILVA, N.L. Influence of Resistance Training Variables on Excess Postexercise Oxygen Consumption: A Systematic Review. **Int Sch Res Notices**, 2013: 1-10, 2013.

FITSCHEN, P.; KISTLER, B.; JEONG, J.; et al. Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. **Clin Physiol Funct Imaging**, 34(5):356-363, 2014.

FLECK, S.J. Cardiovascular adaptations to resistance training. **Med Sci Sports Exerc**. 20: S146–51, 1988.

FLECK, S.J. Cardiovascular responses to strength training. In: **Strength and Power in Sport**, 2nd Ed. P. V. Komi (Ed.). Malden, MA: Blackwell Science, pp. 387–406, 2003.

FLECK, S.J.; DEAN, L.S. Resistance-training experience and the pressor response during resistance exercise. **J Appl Physiol**. 63, 116–120, 1987.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W.J. **Fundamentos do treino de força muscular**. Porto Alegre, Artmed, 4ª ed., 2017.

FORJAZ, C.L.M.; REZK. C.C.; MELO, C.M.; et al. Exercício resistido para o paciente hipertenso: indicação ou contra-indicação. **Rev Bras Hipertens**. 10: 119-124, 2003.

FOSTER, C.; FLORHAUG, J.A.; FRANKLIN, J.; et al. A New Approach to Monitoring Exercise Training. **J Strength Cond Res** 15, 109–115, 2001.

FUJITA, S.; ABE, T.; DRUMMOND, M.; et al. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. **J Appl Physiol** 103: 903–910, 2007.

FUSCO, A.; SUSTERCICH, W.; EDGERTON, K.; et al. Effect of progressive fatigue on session RPE. **J Funct Morphol Kinesiol** 5:15, 2020.

GAESSER, G.A.; BROOKS, G.A. Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption. **Med Sci Sports Exerc**. 16(1): 29-43, 1984.

GEARHART, R.F.J.; GOSS, F.L.; LAGALLY, K.M.; et al. Ratings of perceived exertion in active muscle during high-intensity and low-intensity resistance exercise. **J Strength Cond Res** 16: 87–91, 2002.

GORE, C.J.; WITHERS, R.T. Effect of exercise intensity and duration on postexercise metabolism. **J Appl Physiol**. 68: 2362–2368, 1990.

HADDOCK, B.L.; WILKIN, L.D. Resistance training volume and post exercise energy expenditure. **Int J Sports Med** 27:143– 148, 2006.

HÄKKINEN, K.; PAKARINEN, A. Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. **J Appl Physiol**. 74: 882-7, 1993.

HALTOM, R.W.; KRAEMER, R.R.; SLOAN, R.A.; et al. Circuit weight training and its effects on excess postexercise oxygen consumption. **Med Sci Sports Exerc** 31:1613–1618, 1999.

HALSON, S.L. Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. **Sports Med**. 44, 139–147, 2014.

HERMAN, L.; FOSTER, C.; MAHER, M.A.; et al. Validity and reliability of the session RPE method for monitoring exercise training intensity. **S J Sports Med** 18: 14–17, 2006.

HIND, K.; GANNON, L.; BRIGHTMORE, A.; et al. Insights into relationships between body mass, composition and bone: findings in elite rugby players. **J Clin Densitom**, 18(2):172-8, Apr-Jun, 2015.

HOLLANDER, D.B.; REEVES, G.V.; CLAVIER, J.D.; et al. Partial occlusion during resistance exercise alters effort sense and pain. **J Strength Cond Res.** 24(1), 235-243, 2010.

HUGHSON, R.L.; WEISIGER, K.H.; SWANSON, G.D. Blood lactate concentration increases as a continuous function in progressive exercise. **J Appl Physiol**, 62(5):1975-81, May, 1985.

HUNTER, G.; BLACKMAN, L.; DUNNAM, L.; et al. Bench press metabolic rate as a function of exercise intensity. **J. Appl. Sport Sci. Res.** 2:1–6. 1988.

HUNTER, G.R.; SEELHORST, D.; SNYDER, S. Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training. **J Strength Cond Res.** 17:76–81, 2003.

HWANG, H.; MIZUNO, S.; KASAI, N.; et al. Muscle oxygenation, endocrine and metabolic regulation during low-intensity endurance exercise with blood flow restriction. **Phys Act Nutr.** 24(2), 30, 2020.

JOÃO, G.A.; RODRIGUEZ, D.; TAVARES, L.D.; et al. Can intensity in strength training change caloric expenditure? Systematic review and meta-analysis. **Clin Physiol Funct Imaging.** 40(2), 55-66, 2020.

JONES, A.M.; POOLE, D.C. Oxygen uptake dynamics: from muscle to mouth—an introduction to the symposium. **Med Sci Sports Exerc.** 37(9), 1542-1550, 2005.

KACIN, A.; STRAZER, K. Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. **Scand J Med Sci Sports** 21: 231–241, 2011.

KARABULUT, M.; GARCIA, S.D. Hemodynamic responses and energy expenditure during blood flow restriction exercise in obese population. **Clin Physiol Funct Imaging** 37, 1–7, 2017.

KRAEMER, W.J. Endocrine responses to resistance exercise. **Med Sci Sports Exerc.** 20(5): S152-S157, 1987.

KRAEMER, W.J.; FLECK, S.J.; DZIADOS, J.E.; et al. Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women. **J Appl Physiol.** 75: 594-604, 1993.

KRAEMER, W.J.; ADAMS, K.; CAFARELLI, E.; et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc.** 34(2), 364-380, 2002.

KROGH, A.; LINDHARD, J. The volume of the "dead space" in breathing. **J Physiol.** 47(1-2), 30–43, 1913.

LAGALLY, K.M.; ROBERTSON, R.J.; GALLAGHER, K.I.; et al. Ratings of perceived exertion during low- and high-intensity resistance exercise by young adults. **Percept Mot Skills**. 94 (3): 723–731, 2002.

LIXANDRÃO, M.E.; ROSCHEL, H.; UGRINOWITSCH, C.; et al. Blood-flow restriction resistance exercise promotes lower pain and ratings of perceived exertion compared with either high-or low-intensity resistance exercise performed to muscular failure. **J Sport Rehabil**. 28(7), 706-710, 2018.

LOENNEKE, J.P.; KEARNEY, M.L.; THROWER, A.; et al. The acute response of practical occlusion in the knee extensors. **J Strength Cond Res** 24: 2831–2834, 2010.

LOENNEKE, J.P.; THROWER, A.D.; BALAPUR, A.; et al. The energy requirement of walking with restricted blood flow. **Sport Sci**. 4(2), 7-11, 2011a.

LOENNEKE, J.P.; BALAPUR, A.; THROWER, A.D.; et al. The perceptual responses to occluded exercise. **Int J Sports Med**. 32(3):181–184, 2011b.

LOENNEKE, J.P.; WILSON, J.M.; MARIN, P.J.; et al. Low intensity blood flow restriction training: A meta-analysis. **Eur J Appl Physiol**. 112(5): 1849-1859, 2012.

LOENNEKE, J.P.; WILSON, J.M.; BALAPUR, A.; et al. Time under tension decreased with blood flow-restricted exercise. **Clin Physiol Funct Imaging**. 32: 268–273, 2012b.

LOENNEKE, J.P.; KIM, D.; FAHS, C.A.; et al. The influence of exercise load with and without different levels of blood flow restriction on acute changes in muscle thickness and lactate. **Clin Physiol Funct Imaging**. 37(6), 734-740, 2016.

LU, S.S.; LAU, C.P.; TUNG, Y.F.; et al. Lactate and the effect of exercise on testosterone secretion: evidence for the involvement of a cAMP-mediated mechanism. **Med Sci Sports Exerc**. 29: 1048-54, 1997.

MACDOUGALL, J.D.; TUXEN, D.; SALE, D.G.; MOROZ, J.R.; SUTTON, J.R. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. **J Appl Physiol**. 58, 785–790, 1985.

MAGOSSO, R.F.; NETO, J.C.; DE CARLI, J.P.C.; et al. A Review of Ergogenesis and Effect of Training Variables on Energy Expenditure in Resistance Training Exercises. **J Exerc Physiol Online**. 20(2), 2017.

MANINI, T.M.; CLARK, B.C. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. **Exerc Sport Sci Rev** 37: 78–85, 2009.

MANINI, T.M.; YARROW, J.F.; BUFORD, T.W.; et al. Growth hormone responses to acute resistance exercise with vascular restriction in young and old men. **Growth Horm IGF Res**. 22(5), 167-172, 2012.

MARGARIA, R.; EDWARDS, H.T.; DILL, D.B. The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. **Am J Physiol-Legacy Content**. 106 (3): 689-715, 1933.

MATTOCKS, K.T.; MOUSER, J.G.; JESSEE, M.B.; et al. Perceptual changes to progressive resistance training with and without blood flow restriction. **J Sports Sci**. 37(16):1857-1864, 2019.

MAUCHLY, J. W. Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution. **The Annals of Mathematical Statistics**, vol. 11, n. 2, p. 204 – 209, 1940.

MAY, A.K.; BRANDNER, C.R.; WARMINGTON, S.A. Hemodynamic responses are reduced with aerobic compared with resistance blood flow restriction exercise. **Physiol Rep**, 5(3), e13142, 2017.

MAYHEW, J.L.; PRINSTER, J.L.; WARE, J.S.; et al. Muscular endurance repetitions to predict bench press strength in men of different training levels. **J Sports Med Phys Fitness**. 35(2):108-113, 1995.

MAYO, J.J.; KRAVITZ, L.E.N. A review of the acute cardiovascular responses to resistance exercise of healthy young and older adults. **J Strength Cond Res**. 13(1), 90-96, 1999.

McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do Exercício. Energia, Nutrição e Desempenho Humano**. 6ª Edição. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2008.

MELANSON, E.L.; SHARP, T.A.; SEAGLE, H.M.; et al. Twenty-four-hour metabolic responses to resistance exercise in women. **J Strength Cond Res**. 19 (1): 61–66, 2005.

MENDONCA, G.V.; VAZ, J.R.; TEIXEIRA, M.S.; et al. Metabolic cost of locomotion during treadmill walking with blood flow restriction. **Clin Physiol Funct Imaging**. 34(4):308-16, 2014.

MENDONCA, G.V.; VAZ, J.R.; PEZARAT-CORREIA, P.; et al. Effects of walking with blood flow restriction on excess post-exercise oxygen consumption. **Int J Sports Med**. 36(03), e11-e18, 2015.

MILES, D.S.; OWENS, J.J.; GOLDEN, J.C.; et al. Central and peripheral hemodynamics during maximal leg extension exercise. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**. 56(1): 12-17, 1987.

MORIGGI, R.; DI MAURO, H.S.; DIAS, S.C.; et al. Similar hypotensive responses to resistance exercise with and without blood flow restriction. **Biology of Sport**. 32(4), 289, 2015.

MORISHITA, S.; TSUBAKI, A.; TAKABAYASHI, T.; FU, J.B. Relationship between the rating of perceived exertion scale and the load intensity of resistance training. **Strength Cond J**, 40(2), 94–109, 2018.

NAKAJIMA, T.; KURANO, M.; IIDA, H.; et al. Use and safety of Kaatsu training: Results of a national survey. **Int J KAATSU Training Res** 2: 5–13, 2006.

NETO, G.R.; NOVAES, J.S.; SALERNO, V.P.; et al. Acute effects of resistance exercises with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamic measurements and perceived exertion. **Percept Mot Skills**. 124(1):277-222, 2016.

NETO, G.R.; NOVAES, J.S.; SALERNO, V.P.; et al. Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress? **J Sports Sci**. 36(1), 104-110, 2017.

ÖZYENER, F.; ROSSITER, H.B.; WARD, S.A. et al. Influence of exercise intensity on the on- and off-transients kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **J Physiol**, 533: 891-902, 2001.

PARAVLIĆ, A.; ĐORĐEVIĆ, S.; MEKIĆ, R.; et al. **The history, theory and practice of restricted blood flow resistance training (RBFRT/KAATSU)**. Conference Paper: International Scientific Conference. 316–321, 2015.

PARK, S.; KIM, J.K.; CHOI, H.M.; et al. Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. **Eur J Appl Physiol**. 109(4), 591-600, 2010.

PFEIFFER, P.S.; CIRILO-SOUSA, M. S.; DOS SANTOS, H.H. Effects of different percentages of blood flow restriction on energy expenditure. **Int J Sports Med**. 40(03), 186-190, 2019.

PHILLIPS, W.T.; ZIURAITIS, J.R. Energy cost of the ACSM single-set resistance training protocol. **J Strength Cond Res**.17(2):350-5, 2003.

PHILLIPS, W.T.; ZIURAITIS, J.R. Energy cost of single-set resistance training in older adults. **J Strength Cond Res**. 18(3), 606-609, 2004.

PIERCE, J.; CLARK, B.; PLOUTZ-SNYDER, L.; et al. Growth hormone and muscle function response to skeletal muscle ischemia. **J Appl Physiol** 101: 1588–1595, 2006.

PINTO, R.S.; LUPI, R.; BRENTANO, M. A. Respostas metabólicas ao treino de força: uma ênfase no dispêndio energético. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum** 13 (2): 150 – 107, 2011.

POOLE, D.C.; BARSTOW, T.J.; MCDBNOUGH, P.; et al. Control of oxygen uptake during exercise. **Med Sci Sports Exerc**, 40 (3):462-74, 2008.

POPE, Z.K.; WILLARDSON, J.M.; SCHOENFELD, B.J. Exercise and blood flow restriction. **J Strength Cond Res** 27(10): 2914– 2926, 2013.

POTON, R.; POLITO, M.D. Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects. **Clin Physiol Funct Imaging**. 34, 231–236, 2014.

PRINGLE, J.S.; DOUST, J.H.; CARTER, H.; et al. Oxygen uptake kinetics during moderate, heavy and severe intensity 'submaximal' exercise in humans: the influence of muscle fibre type and capillarisation. **Eur J Appl Physiol**. 89(3), 289-300, 2003.

PRITCHETT, R.C.; GREEN, J.M.; WICKWIRE, P.J.; et al. Acute and session RPE responses during resistance training: bouts to failure at 60% and 90% of 1RM. **S J Sports Med**. 21: 23–26, 2009.

RATAMESS, N.A; FALVO, M.J.; MANGINE, G.T. *et al.* The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. **Eur J Appl Physiol**.100: 1–17, 2007.

RATAMESS, N.; ALVAR, B.; EVETOCH, T.; et al. Progression models in resistance training for healthy adults [ACSM position stand]. **Med Sci Sports Exerc**. 41(3): 687-708, 2009.

REEVES, G.; KRAEMER, R.; HOLLANDER, D.; et al. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. **J Appl Physiol** 101: 1616–1622, 2006.

REIS, V.M.; JÚNIOR, R.S.; ZAJAC, A.; et al. Energy Cost of Resistance Exercises: an Uptade. **J Hum Kinet**. 29A:33-9, 2011.

ROBERGS, R.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise induced metabolic acidosis. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol** 287: 502–516, 2004.

ROSSOW, L.M.; FAHS, C.A.; SHERK, V.D.; et al. The effect of acute blood-flow-restricted resistance exercise on postexercise blood pressure. **Clin Physiol Funct Imaging**. 31(6), 429-434, 2011.

ROZENEK, R.; ROSENAU, L.; ROSENAU, P.; et al. The effect of intensity on heart rate and blood lactate response to resistance exercise. **J Strength Cond Res**. 7(1), 51-54, 1993.

SCALA, D.; MCMILLAN, J.; BLESSING, D.; et al. Metabolic cost of a preparatory phase of training in weight lifting: a practical observation. **J Appl Sports Sci Res** 1:48–52, 1987.

SCHEUERMANN, B.W.; HOELTING, B.D.; NOBLE, M.L.; et al. The slow component of O₂ uptake is not accompanied by changes in muscle EMG during repeated bouts of heavy exercise in humans. **J Physiol**. 531(1), 245-256, 2001.

SCHUENKE, M.D.; MIKAT, R.P.; MCBRIDE, J.M. Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: implications for body mass management. **Eur J Appl Physiol**, 86 (5): 411–417, 2002.

SCOTT, C.; KEMP, R. Direct and indirect calorimetry of lactate oxidation: implications for whole-body energy expenditure. **J Sports Sci.** 23 (1): 15-19, 2005.

SCOTT, C.B. Contributions of blood lactate to the energy expenditure of resistance training. **J Strength Cond Res** 20: 404 – 411, 2006a.

SCOTT, C.B. Estimating energy expenditure for brief bouts of exercise with acute recovery. **Appl Physiol Nutr Metab.** 31(2), 144-149, 2006b.

SCOTT, C.B.; CROTEAU, A.; RAVLO, T. Energy expenditure before, during and after bench press. **J Strength Cond Res** 23: 611 – 618, 2009.

SCOTT, C.B.; LEIGHTON, B.H.; AHEARN, K.J.; et al. Aerobic, anaerobic and excess postexercise oxygen consumption energy expenditure of muscular endurance and strength: 1-set of bench press to muscular fatigue. **J Strength Cond Res** 25 (4): 903 – 908, 2011a.

SCOTT, C.B.; LEARY, M.P.; TENBRAAK, A.J. Energy expenditure characteristics of weight lifting: 2 sets to fatigue. **Appl Physiol Nutr Metab** 36(1):115-120, 2011b.

SCOTT, C.B. Quantifying the immediate recovery energy expenditure of resistance training. **J Strength Cond Res** 25(4):1159-1163, 2011c.

SCOTT, B.R.; DUTHIE, G.M.; THORNTON, H.R.; et al. Training Monitoring for Resistance Exercise: Theory and Applications. **Sports Med.** 46(5):687-98, 2016.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, vol. 52, n. 3 – 4, p. 591 – 611, 1965.

SKIDMORE, B.L.; JONES, M.T.; BLEGEN, M.; et al. Acute effects of three different circuit weight training protocols on blood lactate, heart rate, and rating of perceived exertion in recreationally active women. **J Sports Sci Med.** 11(4), 660, 2012.

SMITH, J.; MCNAUGHTON, L. The effects of intensity of exercise on excess postexercise oxygen consumption and energy expenditure in moderately trained men and women. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol.** 67: 420–425, 1993.

STEC, M.J.; RAWSON, E.S. Estimation of resistance exercise energy expenditure using triaxial accelerometry. **J Strength Cond Res.** 26 (5): 1413–1422, 2012.

SUMINSKI, R.R.; ROBERTSON, R.J.; ARSLANIAN, S.; et al. Perception of effort during resistance exercise. **J. Strength Cond Res.** 11(4): 261-265, 1997.

SWEET, T.W.; FOSTER, C.; MCGUIGAN, M.R.; et al. Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method. **J Strength Cond Res** 18(4), 796–802, 2004.

SUGA T.; OKITA, K.; MORITA, N.; et al. Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. **J Appl Physiol** 106: 1119–1124, 2009.

TAKANO, H.; MORITA, T.; IIDA, H.; et al. Hemodynamic and hormonal response to a short-term low-intensity resistance exercise with a reduction in muscle blood flow. **Eur J Appl Physiol** 95: 65–73, 2005.

TAKARADA, Y.; NAKAMURA, Y.; ARUGA, S.; et al. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity exercise with vascular occlusion. **J Appl Physiol** 88: 61–65, 2000.

TAKARADA, Y.; SATO, Y.; ISHII, N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. **Eur J Appl Physiol** 86: 308–314, 2002.

THORNTON, M.K.; POTTEIGER, J.A. Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. **Med Sci Sports Exerc** 34:715–722, 2002.

THOMAS, H.J.; SCOTT, B.R.; PEIFFER, J.J. Acute physiological responses to low-intensity blood flow restriction cycling. **J Sci Med Sport**. 21(9), 969-974, 2018.

VAN HALL, G. Lactate kinetics in human tissues at rest and during exercise. **Acta Physiol.**199(4):499-508, 2010.

VIANNA, J.M.; LIMA, J.P.; SAAVEDRA, F.J.; et al. Aerobic and Anaerobic Energy During Resistance Exercise at 80% 1RM. **J Hum Kinet**. 29A:69-74, 2011.

VIEIRA, A.; GADELHA, A.B.; FERREIRA, J.J.B.; et al. Session rating of perceived exertion following resistance exercise with blood flow restriction. **Clin Physiol Funct Imaging**, 35, 323–327, 2014.

VILAÇA-ALVES, J.; NETO, G.R.; MORGADO, N.M.; et al. Acute Effect of Resistance Exercises Performed by the Upper and Lower Limbs with Blood Flow Restriction on Hemodynamic Responses. **J Exer Physiol Online**. 19(3), 2016.

WASSERMAN, K.; HANSEN, J.E.; SUE, D.Y.; et al. **Principles of Exercise Testing and Interpretation Including Pathophysiology and Clinical Applications**. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, p. 76–110, 2005.

WERNBOM, M.; JÄRREBRING, R.; ANDREASSON, M.A.; et al. Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and endurance during fatiguing dynamic knee extensions at low load. **J Strength Cond Res** 23: 2389–2395, 2009.

WIRTZ, N.; WAHL, P.; KLEINÖDER, H.; et al. (2014). Lactate kinetics during multiple set resistance exercise. **J Sports Sci Med**. 13(1): 73-77, 2014.

YANAGISAWA, O.; FUKUTANI, A. Effects of low-load resistance exercise with blood flow restriction on intramuscular hemodynamics, oxygenation level and water content. **J Sports Med Phys Fitness**. 58(6), 793-801, 2018.

YASUDA, T.; ABE, T.; BRECHUE, W.F.; et al. Venous blood gas and metabolite response to low-intensity muscle contractions with external limb compression. **Metabolism**. 59(10), 1510-1519, 2010.

YASUDA, T.; FUKUMURA, T.; FUKUDA, H.; et al. Effects of low-intensity, elastic band resistance exercise combined with blood flow restriction on muscle activation. **Scand J Med Sci Sports**. 24(1):55-61, 2012.

ANEXO A
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/12)

Eu, Anderson Geremias Macedo, portador do RG. 43.527.955-5, estagiário de Pós Doutorado, do Programa de Pós Doutorado da Faculdade de Ciências – UNESP- Bauru, venho por meio deste, convidá-lo a participar como voluntário do projeto de pesquisa descrito abaixo.

Título do Projeto: Resposta energética aguda durante o exercício resistido: comparação entre sessões com restrição de fluxo sanguíneo e convencional de alta intensidade.

Justificativa e Objetivos: Quantificar e comparar o GE entre protocolos de exercício resistido realizados com restrição de fluxo sanguíneo e o tradicional de alta intensidade de carga.

Avaliação antropométrica: Serão mensuradas as seguintes variáveis antropométricas: massa corporal (kg), estatura (cm) e composição corporal, através do DXA.

Teste progressivo: O teste incremental será realizado em esteira, em velocidade de 4km/hora por 3 minutos, com inclinação de 1%, sendo aumentada a velocidade em 1 km/hora por minuto até a exaustão voluntária ou incapacidade de manter a velocidade determinada. Antes de cada teste, haverá um aquecimento de 5 min em uma intensidade moderada. O consumo de oxigênio será mensurado durante todo o teste por meio de um analisador de gases. Ao final do teste será coletada 4 amostras sanguíneas para a dosagem do lactato.

Teste de repetição máxima (1RM): Para o protocolo de avaliação de uma repetição máxima (1RM), o teste iniciará com o aquecimento inicial geral e séries específicas, com progressão de cargas submáximas à máxima. A quantidade de séries adotadas para determinação do 1RM será de três a cinco, onde serão executadas até duas repetições e progredindo a intensidade da carga até a falha concêntrica após uma repetição completada. O intervalo de pausa entre as séries de aquecimento será de 90 segundos e entre as séries de testes será de 180 segundos. O teste de 1 RM será aplicado em todos os exercícios descritos no protocolo de treino, este serão realizados dois testes por dia, sempre alternando exercícios para membro superior e inferior, sendo completados 72 horas de descanso entre os dias dos testes.

Restrição de Fluxo Sanguíneo: Ao chegarem ao laboratório, os participantes serão posicionados em decúbito dorsal, permanecendo em repouso absoluto por 10 minutos para aferição da pressão arterial em repouso. Para este procedimento será utilizado o método auscultatório através de um esfigmomanômetro, a pressão arterial será medida para determinação da magnitude da RFS, para a restrição será utilizada 50% da pressão arterial sistólica. Os manguitos para RFS será posicionado na região proximal dos membros superiores e inferiores (região inguinal da coxa) e para oclusão vascular será usado esfigmomanômetro para membros superiores (7 cm de largura e 80 cm de comprimento) e (12,5 cm de largura e 84 cm de comprimento).

Protocolo de treino: O protocolo de treino será estruturado em 2 sessões de treino resistido com 30 % 1 RM com restrição de fluxo sanguíneo (TR_{Low_RFS}) e treino resistido de alta intensidade 70% 1RM (TR_{High_Conv}). Para a sessão TR_{Low_RFS} serão realizados 3 séries de 15 repetições sendo 30 segundos de intervalo entre as séries e 3 minutos entre os exercícios, a sessão TR_{High_Conv} 70% 1RM será composta 3 séries de 12 repetições com 60 segundos de intervalo entre as séries e 2 minutos entre os exercícios. Os exercícios selecionados para ambos os protocolos serão (1ª) supino reto (SR), (2ª) remada horizontal (RH), (3ª) tríceps na polia alta (TP), (4ª) rosca direta (RD), (5ª) cadeira extensora (CE), (6ª) mesa flexora (MF), (7ª) e leg press 45° (LP45) (8ª) panturrilha no leg press 45° (PLP). Durante os protocolos de treino, a permuta gasosa pulmonar será determinada respiração-a-respiração,

empregando um sistema automatizado portátil (K4b², Cosmed®, Roma, Itália), que será calibrado antes de cada. Ao final de cada um dos protocolos de TR será realizada uma coleta de sangue do lóbulo da orelha (nos instantes 1, 3, 5 e 7 minutos) para dosagem da [La] (YSL, 2300 STAT, Yellow Springs, Ohio, EUA). Ao longo de todos os testes a frequência cardíaca (FC) será registrada batimento a batimento.

Mensuração da resposta do VO₂ durante e após o exercício: Para a medição do VO₂ durante e após cada sessão de TR, a permuta gasosa pulmonar será determinada pela respiração, sendo empregado um sistema automatizado portátil (K4b², Cosmed®, Roma, Itália), este será calibrado antes de cada teste, conforme as instruções do fabricante, e conectado aos participantes através da máscara respiratória especial. As coletas para a análise do VO₂ serão durante cada sessão de TR e após, por cerca de 7 minutos. Além disso, será realizada a obtenção da percepção subjetiva de esforço (PSE) pela escala de Borg (1-10).

Análise do lactato sanguíneo: Para as análises do lactato, as amostras de sangue serão coletadas no lóbulo da orelha, com assepsia local, serão utilizados capilares heparinizados e calibrados para 25 µL de sangue arterializado. O sangue coletado será armazenado em tubos Eppendorf, contendo 50 µL de fluoreto de sódio a 1% (NaFI%) e serão analisados através do método enzimático (2500-STAT da Yellow Spring) fornecendo a [La] em mmol/L. Em ambas sessões de TR as amostras serão colidas ao final de cada exercício presente do protocolo de TR e nos minutos 1, 3, 5 e 7 após o teste.

Direitos da pessoa submetida aos testes: Toda pessoa submetida aos testes terá acesso aos seus dados, assim como aos resultados finais. Nenhum resultado será divulgado ou levado ao conhecimento de pessoas estranhas, sem a autorização expressa do sujeito submetido ao teste. Todo participante poderá abandonar os testes a qualquer momento, sem prestar qualquer tipo de esclarecimento, mas devendo comunicar sua decisão ao responsável dos testes o quanto antes. Os resultados dos testes poderão ser utilizados para pesquisa, sendo assegurado o anonimato do sujeito, desde que autorizado expressamente neste termo de consentimento.

Riscos dos testes: Os riscos pertinentes ao protocolo são aqueles inerentes a qualquer prática de exercícios extenuantes (uma possível hipotensão, hipoglicemia, ou mal estar como náuseas e vômitos, que são observadas com pouca frequência ao final dos testes extenuantes. Quando apresentados, estes sintomas retornam à normalidade após alguns minutos, em repouso, sem a necessidade de outros procedimentos para a reversão da sintomatologia. Estes riscos serão esclarecidos pelo responsável dos testes anteriormente a seu início e toda vez que desejado pelo participante (esclarecimento de dúvidas), e tendem a ser minimizados pela avaliação clínica antes dos testes e pelas condições de pronto atendimento em caso de acidente.

Eu, _____, portador do RG nº _____
e CPF nº: _____ responsável por _____, portador do
RG nº _____ tenho ciência dos meus direitos e deveres, concordando em me submeter a este
estudo, sob a possibilidade de retirar o consentimento a qualquer momento antes e durante o experimento e outros.
Desta forma, autorizo a utilização dos dados deste teste para fins de pesquisa, bem como a divulgação de seus
resultados por meio de qualquer meio de divulgação, desde que seja assegurado o anonimato.

Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa para recurso ou reclamações do sujeito pesquisado

Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista (CEP/FC-UNESP)
CAMPUS de Bauru: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Vargem Limpa, CEP 17033-360, Bauru-SP, telefone:
(014) 3103-6087, e-mail: arimaia@fc.unesp.br

Contato para dúvidas:

Se você tiver dúvidas com relação ao estudo, direitos do participante, ou no caso de riscos relacionados ao estudo,
você deve contatar o Investigador. Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como um paciente de pesquisa, você
pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná. O CEP é constituído por um grupo de profissionais de diversas áreas, com conhecimentos científicos e
não científicos que realizam a revisão ética inicial e continuada da pesquisa para mantê-lo seguro e proteger seus
direitos.

NOME DO RESPONSÁVEL ASSINATURA DATA

NOME DO INVESTIGADOR ASSINATURA DATA

NOME DO SUPERVISOR DATA

INFORMAÇÕES DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL E DO ORIENTADOR

Pesquisador Responsável: Anderson Geremias Macedo, RG:43.527.955-5.

Cargo/Função: Estagiário de Pós Doutorado

Curso: Educação Física

Instituição: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Endereço: Av. Engº Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/nº, Vargem Limpa, Bauru, SP. CEP. 17033-360.

Dados para Contato: fone (14) 98220-8775 e-mail: andersongmacedo@yahoo.com.br.

Supervisor: Prof. Dr. Dalton Muller Pessoa Filho

Cargo/função: Professor Titular

Instituição: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Endereço: Av. Engº Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/nº, Vargem Limpa, Bauru, SP. CEP. 17033-360

Dados para Contato: fone (14) 3103-6082 e-mail: dmpf@fc.unesp.br