



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Jurandir Baptista da Silva

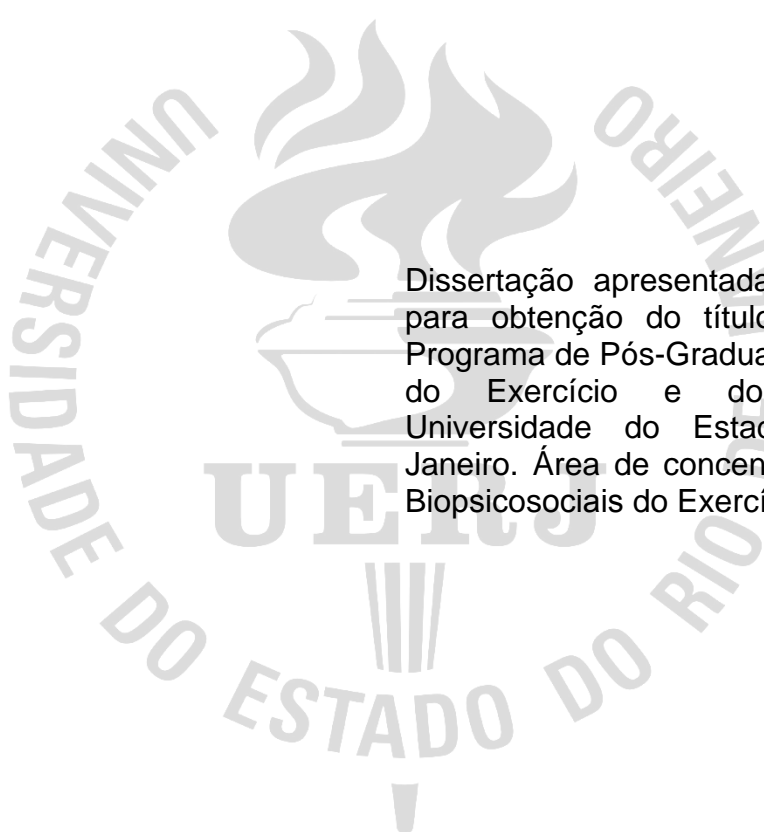
**Tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e lactato em  
repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e  
agachamento**

Rio de Janeiro

2017

Jurandir Baptista da Silva

**Tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e lactato em repetições máximas  
múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento**



Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicosociais do Exercício Físico.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale

Rio de Janeiro

2017

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

S586 Silva, Jurandir Baptista da.  
Tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento / Jurandir Baptista da Silva. – 2017.  
155 f. : il.

Orientador: Rodrigo Gomes de Souza Vale.  
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Educação física e treinamento - Teses. 2. Exercícios físicos – Teses. 3. Exercícios físicos - Medição – Teses. I. Vale, Rodrigo Gomes de Souza. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 796.015.13

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Jurandir Baptista da Silva

**Tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Aprovada em 21 de fevereiro de 2017.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale (Orientador)  
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

---

Prof. Dr. Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes  
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

---

Prof. Dr. Jefferson da Silva Novaes  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Danielli Braga de Mello  
Escola de Educação Física do Exército

---

Prof. Dr. Rafael da Silva Mattos  
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

Rio de Janeiro

2017

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às duas pessoas fundamentais:  
Minha mãe e meu filho. Razão e motivo da minha vida!

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale, pela paciência, por todo o conhecimento transmitido e pela forma criteriosa com a qual fez esta orientação. Aprendi muito! Obrigado por ter me dado a oportunidade de realizar este sonho.

Ao Professor Dr. Rodolfo Alkmim Nunes, membro da banca examinadora, que no decorrer do curso esteve sempre disposto a ajudar não só com conhecimento científico, mas muitas vezes com palavras amigas em momentos complicados.

Ao Professor Dr. Jefferson Novaes, que com seu conhecimento engrandeceu este trabalho.

Aos professores Dr. Rafael da Silva Mattos e Dra. Danielli Braga de Mello por gentilmente terem concordado em participar da comissão de avaliação deste trabalho.

Ao amigo e Professor Drd. Vicente Pinheiro Lima que me apresentou ao universo das pesquisas científicas e me orientou nesses últimos 12 anos. Faltam palavras para descrever sua influência na minha vida profissional e pessoal. Serei eternamente grato. Suas palavras “estudar para prosperar e ajudar sempre uma pessoa” ecoam na minha cabeça. Você é um exemplo!

Ao amigo Professor Drd. Gabriel Andrade Paz e a todos os amigos do grupo de pesquisas em Biodinâmica do Exercício, Saúde e Performance (BIODESP) (Yuri Rolim, Sabrina Casseres, Franklin Gomes, Willian Silva, Vinicius Soares, Nelson Proença, Ygor Ribeiro, Igor Carvalho e Giovanne Moraes) pela ajuda na coleta dos dados e a amiga Juliana Brandão pela ajuda na formatação. Sem vocês este trabalho não teria acontecido.

Ao Sargento e Professor Francisco D’Urso que viabilizou as coletas na Comissão de Desportos da Aeronáutica (CDA). Seu empenho fez com que tudo fosse possível.

À toda direção da CDA e aos soldados que participaram deste estudo.

Os últimos são os primeiros, portanto, quero agradecer à minha família: minha irmã Luciane Baptista, meus afilhados Felipe e Maria Luiza e meu cunhado Fabio Nascimento. Vocês foram e serão sempre o meu suporte.

À minha esposa, Ana Carolina Dourado, que me apoiou e deu forças não me deixando fraquejar. Peço desculpas por meus momentos de ausência para a realização desse trabalho. Te amo!

Ao amor da minha vida, meu filho Renan, que, mesmo sem entender muito, relevou os momentos de “papai tem que estudar, filho”.

No entanto, o agradecimento especial vai para minha mãe, D. Silvia Baptista da Silva. Sempre me apoiou nas minhas decisões, mesmo naquelas que menos compreendia, e fez inúmeros sacrifícios para que eu pudesse estar aqui hoje. Seu esforço para me dar educação me trouxe até aqui. Você é a responsável por tudo! Mil vezes obrigado!

## RESUMO

SILVA, Jurandir Baptista da. **Tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento**. 2017. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

**INTRODUÇÃO:** O volume e a intensidade do treinamento podem ser obtidos através do número total de repetições concluídas durante um período de tempo específico, conhecido como tempo sob tensão (TST). Sendo assim, o objetivo do presente estudo é verificar a associação entre o TST, atividade eletromiográfica (EMG) e níveis de lactato (LAC) em repetições máximas (RM) múltiplas nos exercícios supino reto (SR) e agachamento (AG). **MÉTODOS:** Participaram da amostra 21 homens (idade:  $19,09 \pm 0,30$  anos; massa corporal:  $67,89 \pm 6,6$  kg; percentual de gordura:  $7,99 \pm 1,61$  %), divididos em grupo supino reto ( $n = 11$ ) e grupo agachamento ( $n = 10$ ). O TST para os testes de 8, 10 e 12RM foi verificado através da cinemetria. Após 48h do teste de RM, os participantes realizaram os exercícios com o TST médio do grupo e a carga obtida nos testes. Foram verificados o número de repetições realizadas, a EMG e o LAC. **RESULTADOS:** A ANOVA revelou diferenças significativas em todos os protocolos nas variáveis TST e LAC ( $p < 0,05$ ) em ordem crescente ao número de repetições ( $8 < 10 < 12RM$ ). No SR, a atividade EMG dos músculos do peitoral maior, parte clavicular (PC) e parte esternocostal (PE), apresentaram maior sinal EMG para 12RM comparado ao protocolo de 8 e 10RM. No entanto, os músculos deltoide e tríceps não apresentaram diferença na resposta EMG. No AG, foi verificada uma redução significativa da ativação do reto femoral para os protocolos de 10 e 12RM, assim como na ativação do vasto lateral (VL) para os protocolos de 8 e 12RM. O teste de correlação de Pearson demonstrou associações positivas entre as variáveis TST e LAC no SR ( $r = 0,665$ ;  $p < 0,001$ ) e no AG ( $r = 0,742$ ;  $p < 0,001$ ). Encontrou-se associações negativas entre a atividade muscular do PE e a sobrecarga ( $r = - 0,344$ ;  $p = 0,005$ ) e entre PC e TST ( $r = - 0,444$ ;  $p = 0,010$ ). Associações positivas entre PE com TST ( $r = 0,591$ ;  $p < 0,001$ ) e com LAC ( $r = 0,416$ ;  $p = 0,016$ ) também foram verificadas. No AG, o VL apresentou correlação negativa com o TST ( $r = - 0,495$ ;  $p = 0,005$ ) e com o LAC ( $r = - 0,428$ ;  $p = 0,018$ ). **CONCLUSÃO:** Observou-se que há associação para as variáveis TST e LAC. Também foi encontrada esta situação no EMG para os músculos PC e PE no SR e no VL no AG. Assim, o controle da relação volume/intensidade e a prescrição nas faixas de repetição dos exercícios propostos pelo estudo podem ser realizados baseados no TST.

Palavras-chave: Treinamento de força. Respostas neuromusculares. Sangue. Volume. Intensidade.



## ABSTRACT

SILVA, Jurandir Baptista da. **Time under tension, electromyographic activity and lactate in multiple repetitions maximum in the bench press and squat exercises.** 2017. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

**INTRODUCTION:** The volume and intensity of the training can be obtained by the total number of repetitions completed during a specific period, known as time under tension (TUT). Therefore, the aim of the present study is to verify the association between TUT, electromyographic activity (EMG) and lactate levels (LAC) in multiple repetitions maximum (RM) in bench press (BP) and squat (SQ) exercises. **METHODS:** The sample consisted of 21 males (age:  $19.09 \pm 0.30$  years; body mass:  $67.89 \pm 6.6$  kg; fat percentage:  $7.99 \pm 1.61$ ), divided into bench press group ( $n = 11$ ), and squat group ( $n = 10$ ). The TUT for 8, 10 and 12RM was verified through the cinemetry. After 48 hours of the RM test, the participants performed the exercises with the mean TUT of the group and the load obtained in the tests. We verified the number of repetitions performed, EMG and LAC. **RESULTS:** The ANOVA revealed significant differences in all protocols in the TUT and LAC variables ( $p < 0.05$ ) in ascending order to the number of repetitions ( $8 < 10 < 12RM$ ). In the BP, the EMG activity of the pectoralis major muscles, clavicular part (CP) and sternocostal part (SP) presented higher EMG signal for 12RM compared to the 8 and 10RM protocol. However, the deltoid and triceps muscles did not show any difference in the EMG response. In SQ, we verified a significant reduction of the rectus femoris activation for the 10 and 12RM protocols, as well as the vastus lateral (VL) activation for the 8 and 12RM protocols. Pearson's correlation test showed positive associations between the TUT and LAC variables in BP ( $r = 0.665$ ;  $p < 0.001$ ) and SQ ( $r = 0.742$ ;  $p < 0.001$ ). There were negative associations between SP muscle activity and overload ( $r = - 0.344$ ;  $p = 0.005$ ) and between CP and TUT ( $r = - 0.444$ ;  $p = 0.010$ ). Positive associations between SP with TUT ( $r = 0.591$ ;  $p < 0.001$ ) and with LAC ( $r = 0.416$ ;  $p = 0.016$ ) were also verified. In SQ, VL presented negative correlation with TUT ( $r = - 0.495$ ;  $p = 0.005$ ) and with LAC ( $r = - 0.428$ ;  $p = 0.018$ ). **CONCLUSION:** We observed association for the TUT and LAC variables. This situation was also found in the EMG for CP and SP muscles in BP, and VL in SQ. Thus, the control of the volume/intensity ratio and the prescription in the repetition ranges of the exercises proposed by the present study can be performed based on the TUT.

**Keywords:** Resistance training. Neuromuscular responses. Blood. Volume. Intensity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Curva força x velocidade .....	20
Figura 2 -	Representação esquemática da conversão da glicose em piruvato .....	26
Figura 3 -	Ilustração das estruturas das unidades motoras .....	29
Figura 4 -	Representação esquemática do sinal EMG de uma unidade motora durante uma contração .....	30
Figura 5 -	Imagem gerada pelo zoopraxiscópio .....	33
Figura 6 -	Figura representativa do posicionamento dos marcadores anatômicos .....	35
Figura 7 -	Fluxograma do procedimento de coleta de dados para cada exercício .....	40
Figura 8 -	Posicionamento dos eletrodos para o músculo vasto medial (VM).	44
Figura 9 -	Posicionamento dos eletrodos para o músculo vasto lateral (VL)...	45
Figura 10 -	Posicionamento dos eletrodos para o músculo bíceps femoral (BF) (perna direita) .....	45
Figura 11 -	Posicionamento dos eletrodos para o músculo reto femoral (RF) (perna direita) .....	45
Figura 12 -	Posicionamento dos eletrodos para o músculo tríceps braquial (TB) (lado direito) .....	46
Figura 13 -	Posicionamento dos eletrodos para o músculo deltoide anterior (DA) .....	46
Figura 14 -	Posicionamento dos eletrodos para os músculos peitoral maior parte clavicular (PC) (lado direito) e parte esternocostal (PE) (lado esquerdo) .....	46
Figura 15 -	Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo peitoral maior parte esternocostal (PME) .....	53

Figura 16 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo peitoral maior parte clavicular (PMC) .....	53
Figura 17 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo deltoide anterior (DA) .....	54
Figura 18 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo tríceps braquial (TB) .....	54
Figura 19 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo vasto medial (VM) .....	56
Figura 20 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral (VL) .....	56
Figura 21 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo reto femoral (RF) .....	57
Figura 22 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo reto femoral (BF) .....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Características da amostra .....	50
Tabela 2 -	Características do grupo supino reto .....	51
Tabela 3 -	Características do grupo agachamento .....	51
Tabela 4 -	Resultados da sobrecarga de teste em kg (SC), tempo sob tensão em segundos (TST) e número de repetições realizadas no protocolo experimental para 8. 10 e 12 RM no grupo supino reto (REP) .....	52
Tabela 5 -	Média dos níveis de lactato sanguíneo pré e pós protocolo experimental em mmol/l no exercício supino reto .....	52
Tabela 6 -	Resultados da sobrecarga de teste em kg (SC), tempo sob tensão em segundos (TST) e número de repetições realizadas no protocolo experimental para 8. 10 e 12 RM no agachamento (REP) .....	55
Tabela 7 -	Média dos níveis de lactato sanguíneo pré e pós protocolo experimental em mmol/l no exercício agachamento .....	55
Tabela 8 -	Resultados da correlação entre as variáveis no exercício supino reto .....	58
Tabela 9 -	Resultados da correlação entre as variáveis no exercício agachamento .....	59

## SUMÁRIO

1	<b>CIRCUNSTÂNCIAS DO ESTUDO</b> .....	13
1.1	<b>Introdução</b> .....	13
1.2	<b>Problematização</b> .....	15
1.3	<b>Justificativa</b> .....	15
1.4	<b>Identificação Das Variáveis</b> .....	16
1.4.1	<u>Variável independente</u> .....	16
1.4.2	<u>Variáveis dependentes</u> .....	16
1.5	<b>Objetivos do estudo</b> .....	17
1.5.1	<u>Objetivo geral</u> .....	17
1.5.2	<u>Objetivos específicos</u> .....	17
1.6	<b>Hipóteses</b> .....	17
1.6.1	<u>Hipótese substantiva</u> .....	18
1.6.2	<u>Hipóteses estatísticas</u> .....	18
1.6.3	<u>Hipóteses derivadas</u> .....	18
2	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
2.1	<b>Treinamento se força</b> .....	19
2.2	<b>Tempo sob tensão</b> .....	22
2.3	<b>Lactato</b> .....	25
2.4	<b>Eletromiografia</b> .....	28
2.5	<b>Cinemetria</b> .....	32
3	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	37
3.1	<b>Modelo do estudo</b> .....	37
3.2	<b>Universo, amostragem e amostra</b> .....	37
3.2.1	<u>Universo</u> .....	37
3.2.2	<u>Amostragem</u> .....	37
3.2.3	<u>Amostra</u> .....	38
3.3	<b>Ética da pesquisa</b> .....	39
3.4	<b>Materiais e métodos</b> .....	39
3.4.1	<u>Procedimentos preliminares</u> .....	40
3.4.2	<u>Determinação da sobrecarga de RM</u> .....	41
3.4.3	<u>Tempo sob tensão</u> .....	42
3.4.4	<u>Protocolos experimentais</u> .....	43

3.4.5	<u>Atividade Eletromiográfica</u> .....	44
3.4.6	<u>Lactato</u> .....	47
3.5	<b>Limitações do estudo</b> .....	48
3.6	<b>Procedimentos de análise de dados</b> .....	48
3.6.1	<u>Estatística descritiva</u> .....	48
3.6.2	<u>Estatística inferencial</u> .....	49
3.6.3	<u>Nível de significância e potência do experimento</u> .....	49
4	<b>RESULTADOS</b> .....	50
4.1	<b>Resultados das características da amostra</b> .....	50
4.2	<b>Resultados do objetivo específico 1</b> .....	51
4.3	<b>Resultados do objetivo específico 2</b> .....	54
4.4	<b>Resultados do objetivo geral</b> .....	57
5	<b>DISCUSSÃO</b> .....	60
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	67
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	70
	<b>APÊNDICE A</b> – Artigo publicado do estudo piloto.....	80
	<b>APÊNDICE B</b> – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....	86
	<b>APÊNDICE C</b> – Declaração de Ciência .....	90
	<b>APÊNDICE D</b> – Ficha de coleta do grupo supino .....	91
	<b>APÊNDICE E</b> – Ficha de coleta do grupo agachamento .....	92
	<b>APÊNDICE F</b> – Artigo do objetivo específico 1 .....	93
	<b>APÊNDICE G</b> – Artigo do objetivo específico 2 .....	113
	<b>APÊNDICE H</b> – Artigo do objetivo geral .....	133
	<b>ANEXO A</b> – PAR-Q .....	151
	<b>ANEXO B</b> – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa .....	152

## 1 CIRCUNSTÂNCIAS DO ESTUDO

### 1.1 Introdução

O treinamento de força (TF) vem sendo prescrito para indivíduos com objetivos de hipertrofia e ganho de força muscular (HENWOOD, 2016). Esse tipo de treinamento é estabelecido como um método eficaz para o desenvolvimento da aptidão musculoesquelética e é recomendado por diversos autores e organizações para a promoção da saúde e o aumento do desempenho (MAGYARI; CHURILLA, 2012). Dentre os exercícios mais realizados pelos praticantes desse tipo de treinamento, estão o agachamento e o supino reto. O agachamento é um exercício de cadeia cinética fechada, que apresenta diversas variações de execução, onde as mudanças no posicionamento dos pés são utilizadas com intuito de obter maior ativação em diferentes músculos (ESCAMILLA *et al.*, 2002). O supino reto é um exercício de cadeia cinética aberta, onde o indivíduo se posiciona em decúbito dorsal e realiza movimentos de afastamento e aproximação de uma barra em relação ao tórax. A principal variação da execução do supino reto é a inclinação do banco (TREBS *et al.*, 2010).

Contudo, para obter os resultados desejados, deve-se controlar e manipular algumas variáveis, como carga externa de treino, volume de treinamento, número de exercícios, número de repetições, ordem dos exercícios, número de séries, intervalo de recuperação entre as séries e os exercícios e a interação entre estas variáveis (SIMÃO *et al.*, 2012).

Uma forma comum para a verificação do volume de treinamento é o número total de repetições concluídas durante um período de treinamento especificado (GENTIL *et al.*, 2017). O *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2013) recomenda que sejam realizadas entre 8 a 12 repetições máximas (RM) para a obtenção de ganhos de força e hipertrofia muscular. Porém, as distâncias lineares ou angulares percorridas pelas execuções resultam em um determinado intervalo de tempo de produção de força muscular, ou seja, um determinado tempo sob tensão (TST) muscular. Este TST é proporcional ao trabalho realizado e ao número de repetições (LACERDA *et al.*, 2016).

Possíveis erros podem surgir na descrição do volume de treinamento se o TST muscular for diferente ou não for controlado (ROGATZKI *et al.*, 2014). Sendo assim, o volume de treinamento pode ser calculado como o tempo acumulado durante as execuções em que os músculos estão sob tensão (WATANABE *et al.*, 2013).

O controle do tempo de ativação muscular parece ser importante para entender o trabalho de determinado músculo. Nesse sentido, a eletromiografia é uma técnica possível para captação e amplificação dos potenciais de ação muscular por meio de eletrodos de superfície durante ações voluntárias, involuntárias ou estimuladas (CRAM; KASMAN, 1998).

A eletromiografia de superfície (EMG) é utilizada como ferramenta complementar no diagnóstico de alterações neuromusculares, avaliação de procedimentos terapêuticos e tratamento de disfunções musculares (MERLETTI, 1999). É também utilizada para registrar a atividade muscular durante diferentes manipulações de variáveis do TF (BECKER *et al.*, 2017) possibilitando a análise de diversos fatores durante os exercícios, como a intensidade da ativação muscular, fadiga muscular e padrão de atividade muscular entre determinados protocolos e exercícios (TREBS *et al.*, 2010).

Diferentes TST também podem incitar distintos trabalhos fisiológicos que podem ser verificados através da análise sanguínea. Dentro deste cenário, a concentração de lactato sanguíneo vem sendo utilizada no intuito de avaliar a sobrecarga muscular imposta pelo TF (AZIZBEIGI *et al.*, 2015; MARTINS-COSTA *et al.*, 2016).

Assim, é necessário o controle do TST para sustentar a possibilidade de que o volume dos programas de TF possa atingir o objetivo proposto do treinamento. Se os ganhos de força muscular e hipertrofia estão relacionados com o volume de treinamento, é interessante destacar e considerar o TST na prescrição dos exercícios (BURD *et al.*, 2012). Nesse contexto, o monitoramento da atividade muscular e das respostas fisiológicas proporcionadas por diferentes TST são informações necessárias para verificar o efeito do treinamento realizado.



## 1.2 Problematização

O trabalho muscular pode ser estimado pela multiplicação entre a carga externa e o número de repetições. Este método pode ser considerado uma forma mais precisa para calcular o volume de treinamento, pois reconhece que a carga externa é um fator que contribui para o volume de treinamento. No entanto, este cálculo não representa totalmente o volume do treino, pois combinações diferentes entre carga e número de repetições podem gerar o mesmo resultado.

Na execução dos exercícios, ocorre o desenvolvimento de força muscular, ou seja, tensão muscular ativa. Esses resultados podem se afastar da otimização do alcance do objetivo caso o tempo em que o músculo está sob tensão seja diferente ou não seja controlado. Dessa forma, o tempo em que o músculo está sob tensão também pode representar o volume de treino.

Diferentes números de repetições e a manipulação da cadência das repetições podem influenciar o TST. Em estudos prévios, é possível verificar que estas manipulações acontecem de forma casual, podendo não representar a realidade dos praticantes. Sendo assim, é importante obter informações sobre o TST médio em que os indivíduos realizam os exercícios, e a resposta metabólica e a atividade eletromiográfica decorrentes deste tempo.

Diante do levantamento teórico inicial exposto no presente estudo, questiona-se: há associação entre o tempo sob tensão, a atividade EMG e o nível de lactato nas execuções em múltiplas séries nos exercícios supino reto e agachamento em adultos jovens treinados?

## 1.3 Justificativa

A execução de exercícios de força em diferentes velocidades pode alterar o TST e, conseqüentemente, os resultados encontrados. Isso demonstra que o TST é uma variável importante a ser controlada. Entretanto, não está claro na literatura qual seria o TST médio para os exercícios propostos em velocidade máxima, nem as respostas musculares, não havendo consenso nas evidências científicas apresentadas.

Dessa forma, faz-se necessário aprofundar os estudos das respostas musculares no controle das variáveis do TF, em especial a predição do volume e intensidade de treinamento pelo TST. Sendo assim, os resultados do presente estudo podem apresentar respostas aos sujeitos da amostra, de modo a otimizar o tempo hábil e a performance de treinamento.

Esses resultados podem acrescentar informações à comunidade acadêmica, apresentando subsídios para uma maior precisão na prescrição de exercícios. Isso pode contribuir para o desenvolvimento das qualidades físicas, como a força, hipertrofia e resistência muscular e também aumentar a segurança e confiabilidade das execuções.

#### **1.4 Identificação das variáveis**

As variáveis do presente estudo são apresentadas como independentes e dependentes.

##### **1.4.1 Variáveis independentes**

O presente estudo tem como variáveis independentes as execuções de 8, 10 e 12 repetições máximas nos exercícios supino reto e agachamento.

##### **1.4.2 Variáveis dependentes**

O presente estudo tem como variáveis dependentes o tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e os níveis de lactato.

## 1.5 Objetivos do estudo

Este estudo admite o estabelecimento do objetivo geral e dois objetivos específicos.

### 1.5.1 Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo analisar o tempo sob tensão, concentração sanguínea de lactato e atividade eletromiográfica em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento.

### 1.5.2 Objetivos específicos

- 1) Comparar o TST, a concentração sanguínea de lactato e a atividade EMG entre as execuções de 8, 10 e 12RM no exercício supino reto.
- 2) Comparar o TST, a concentração sanguínea de lactato e a atividade EMG entre as execuções de 8, 10 e 12RM no exercício agachamento.

## 1.6 Hipóteses

O desenho do presente estudo possibilita o estabelecimento de hipótese substantiva ( $H_s$ ), hipóteses estatísticas e hipóteses derivadas.

### 1.6.1 Hipótese substantiva

H<sub>s</sub>: O estudo antecipou que haveria associações entre o tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e a concentração sanguínea de lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento.

### 1.6.2 Hipóteses estatísticas

As hipóteses estatísticas são apresentadas na forma nula e na derivada, sempre considerando o nível de  $p < 0,05$  para a significância estatística.

Hipótese Nula (H<sub>0</sub>): O presente estudo antecipou que não haveria associações significativas para  $p < 0,05$  entre o TST, a concentração sanguínea de lactato e a atividade EMG entre as repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento.

### 1.6.3 Hipóteses derivadas

- H<sub>1</sub>: O presente estudo antecipou que haveria diferenças significativas para  $p < 0,05$  entre o TST, a concentração sanguínea de lactato e a atividade EMG entre as execuções de 8, 10 e 12 RM no exercício supino reto.
- H<sub>2</sub>: O presente estudo antecipou que haveria diferenças significativas para  $p < 0,05$  entre o TST, a concentração sanguínea de lactato e a atividade EMG entre as execuções de 8, 10 e 12 RM no exercício agachamento.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo, através de uma revisão parcial de literatura, aborda tópicos sobre treinamento de força, tempo sob tensão, eletromiografia de superfície, lactato e cinemetria para proporcionar fundamentos acerca do estudo proposto.

### 2.1 Treinamento de força

O treinamento de força (TF) vem sendo praticado não só por atletas em busca de ganhos no desempenho esportivo, mas também por indivíduos que tem como objetivo a melhora nas atividades de vida diária (FLECK; KRAEMER, 2014). Dentre algumas sugestões na literatura, o TF pode ser definido como um método diferenciado de treinamento, que utiliza cargas progressivas com o intuito de otimizar a capacidade de um indivíduo exercer ou resistir à força (FLECK; KRAEMER, 2014).

Dessa forma, o TF é usualmente aplicado para sobrecarregar o sistema musculoesquelético e estimular o aumento progressivo da força muscular (ACSM, 2013). Esse tipo de treinamento é estabelecido como um método eficaz para o desenvolvimento da aptidão musculoesquelética e é recomendado para melhorar a saúde e o desempenho (HENWOOD, 2016).

Órgãos relacionados à saúde, como o *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2013) e a Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte (CARVALHO *et al.*, 2001), em guias de prescrição de exercícios ou em documentos institucionais, orientam a prescrição do TF e incentivam o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao tema.

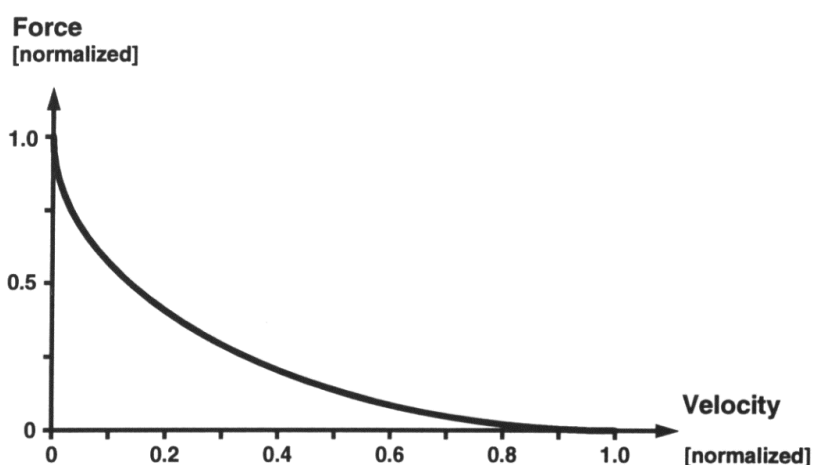
A rotina de treinamento planejada e executada corretamente resulta em exercícios que, organizados sistematicamente, desenvolvem a força e hipertrofia (FLECK; KRAEMER, 2014). A força no âmbito esportivo é caracterizada como a capacidade do músculo de produzir tensão, ou como se entende habitualmente, contrair-se (BADILLO; AYESTARÁN, 2001). No entanto, dentre os diversos fatores que influenciam a produção de força, destaca-se a relação entre força e velocidade

(HAEUFLE *et al.*, 2014).

Nordin e Frankel (2014) definem a relação força-velocidade como a relação existente entre a força máxima de um músculo e sua taxa instantânea de alteração de comprimento. Fenn e Marsh (1935), em duas séries de experimentos com músculos de sapos e gatos submetidos a diferentes cargas, mostraram que à medida que a velocidade aumenta a força diminui não de forma linear, mas sim de forma exponencial.

No estudo clássico de Hill (1938), foi encontrada uma relação hiperbólica entre a capacidade de produção de força e a velocidade de encurtamento de uma fibra muscular (Figura 1). Isso mostra que a força muscular diminui de maneira exponencial com o aumento da velocidade de encurtamento.

Figura 1 - Curva força x velocidade



Fonte: adaptado de NORDIN e FRANKEL, 2014.

Nesse sentido, o TF é adotado amplamente por diversos desportistas e pela população em geral com a finalidade de desenvolver a força muscular (ACSM, 2013). De acordo com a manipulação das variáveis metodológicas de prescrição do TF, é possível desenvolver e enfatizar determinadas manifestações de força, como a força dinâmica, a resistência muscular e a potência muscular (ACSM, 2013).

Contudo, as magnitudes desses ganhos variam consideravelmente (HENWOOD, 2016). Diferentes protocolos de exercícios são utilizados para provocar tais alterações, que podem ser estimuladas no organismo por diferentes estímulos mecânicos, hormonais e metabólicos (EARP *et al.*, 2015). Essas variações podem estar relacionadas a diversos aspectos, tais como protocolos de treinamentos, características da amostra, tempo de intervenção e forma de

mensuração dos ganhos de força muscular (FEIEREISEN *et al.*, 2010).

Para aperfeiçoar esses ganhos, é importante compreender a interação entre as variáveis de treinamento como a carga externa, o volume, número de exercícios, número de repetições, duração das repetições, ordem dos exercícios, número de séries, intervalo de recuperação entre as séries e os exercícios, assim como o tempo sob tensão (LACERDA *et al.*, 2016). Sendo assim, o entendimento de definições, princípios e métodos para a prescrição de uma rotina de treinamento de força é necessário para uma prescrição segura e eficiente (SIMÃO *et al.*, 2012).

A intensidade empregada nos exercícios consiste em uma das principais variáveis, gerando o principal estímulo relacionado aos ganhos de força e hipertrofia muscular (FLECK; KRAEMER, 2014). A carga externa e o número de repetições são prescritos de forma inversamente proporcional para o controle da intensidade no TF (SIMÃO *et al.*, 2012).

O percentual da carga máxima em uma repetição máxima (1RM) é comumente utilizado em experimentos científicos como forma de avaliação da força máxima ou como forma de controle da intensidade (SIMÃO *et al.*, 2012), porém é pouco observada no cotidiano das academias. O ajuste da carga na intervenção prática, geralmente, se dá de forma absoluta, em função de um número de repetições máximas (RM) (SIMÃO *et al.*, 2004).

A duração da repetição influencia tanto a carga de treinamento (SAKAMOTO; SINCLAIR, 2006) como as adaptações agudas e crônicas decorrentes de um programa de treinamento de força (TANIMOTO; ISHII, 2006). Alguns estudos têm indicado que a duração da repetição pode influenciar o desempenho de força máxima (MUNN *et al.*, 2005) e de potência (BOTTARO *et al.*, 2007). Para treinamentos objetivando hipertrofia muscular, de forma geral, são sugeridas velocidades de moderada a rápida, porém isso depende do estado de treinamento do indivíduo (KRAEMER; RATAMES, 2004; ACSM, 2013).

Alguns autores sugerem valores em torno de 5s (BIRD *et al.*, 2005), outros sugerem uma faixa de 2s a 6s (WERNBOM; AUGUSTSSON; THOMEÉ, 2007). Durações da repetição de 4s e 6s são tradicionalmente recomendadas (NEILS *et al.*, 2005). Em revisão sistemática e metanálise, Schoenfeld, Ogborn e Krieger (2015) verificaram o tempo de cada fase de execução em oito estudos. As fases de duração de cada ação variaram de 2 à 15s. Os autores verificaram resultados semelhantes na hipertrofia muscular com durações de repetição entre 0,5 a 8s. No entanto, não

há justificativa clara para tais recomendações nesses trabalhos.

## 2.2 Tempo sob tensão

Um método comum para o cálculo do volume de treinamento é contar o número total de repetições concluídas durante um período de treinamento específico. Um método alternativo é descrever o volume da quantidade de trabalho realizado. O trabalho mecânico é calculado multiplicando a força necessária para mover a carga externa, ou resistência, pela distância percorrida para carregá-la. Com o pressuposto de que a força envolvida é igual à carga externa a ser levantada e que todas as repetições são realizadas com a mesma amplitude de movimento, o trabalho pode ser aproximado pela multiplicação da carga externa pelo número de repetições, referido como volume de carga (STONE *et al.*, 1999).

O volume de carga pode ser uma forma mais precisa para calcular o volume de treinamento porque reconhece que a carga externa é um fator que contribui para o volume. No entanto, este método pode não representar totalmente o volume do treino, pois combinações diferentes entre carga e número de repetições podem gerar o mesmo resultado (TRAN; DOCHERTY; BEHM, 2006). A maioria dos programas de TF predizem e controlam o volume utilizando o método do volume de carga, contudo, este método pode apresentar falhas se o TST é diferente ou não é controlado. Para quantificar o volume por TST durante protocolos de treinamento dinâmicos é possível que o mesmo seja configurado pela manipulação de diferentes variáveis, tais como a duração da repetição (tempo gasto para realizar uma ação concêntrica e uma ação excêntrica) e o número de repetições realizadas ao longo de uma série (TRAN; DOCHERTY; BEHM, 2006; LACERDA *et al.*, 2016).

A duração da repetição é comumente observada e manipulada nos protocolos de TF. O tempo, em segundos, é frequentemente expresso com o primeiro número representando a ação concêntrica e o segundo número o tempo para completar a ação excêntrica (HEADLEY *et al.*, 2011). Por exemplo, um tempo de 2-2 indica que a repetição durou 2 segundos na ação concêntrica e 2 segundos na ação excêntrica, com uma duração total de 4 segundos. No entanto, um potencial erro está em se concentrar apenas nas ações concêntricas e excêntricas,



negligenciando a inclusão de um componente isométrico inerente da mudança das ações. Dessa forma, o tempo total de cada execução pode não estar equalizado (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2015).

Nesse contexto, a duração da repetição também dependerá da intensidade da carga, pois a utilização de cargas muito pesadas exigirá um esforço maior para concentricamente mover a carga rapidamente, mas a velocidade real será relativamente lenta. Além disso, a velocidade de repetição concêntrica será reduzida ainda mais à medida que se aproxima do ponto de falha muscular devido a uma incapacidade das fibras de trabalho para manter a força de saída (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2015). Mookerjee e Ratamess (1999) demonstraram que a primeira repetição concêntrica no exercício supino reto com a carga para 5RM levou 1,2s para ser completada, enquanto a quarta e quinta repetições levaram 2,5 e 3,3s, respectivamente, apesar dos indivíduos tentarem mover a quilagem o mais rapidamente possível. Assim, a concepção de repetições máximas (RM) cadenciadas pode não se relacionar ao esforço máximo.

Contudo, durante a execução do treinamento de uma ou mais RM há um determinado intervalo de tempo percorrido pela produção da força muscular. Este TST é proporcional ao número de repetições que se deseja, pois a tensão muscular está relacionada ao produto da força pelo deslocamento (LACERDA *et al.*, 2016). Dessa forma, a relação volume e intensidade também pode ser calculada como o tempo acumulado em que os músculos estão sob tensão durante o período de todas as repetições e não somente ao tempo de cada repetição (WATANABE *et al.*, 2013).

No entanto, a relação entre o volume de treino e adaptações neuromusculares não está diretamente relacionada (CARPINELLI; OTTO, 1998; HASS *et al.*, 2000;). Algumas investigações demonstraram que protocolos de treinamento equiparados pelo TST (volume) com diferentes números e durações de repetição provocam respostas neuromusculares agudas distintas, como níveis sanguíneos de lactato e atividade eletromiográfica, e alterações no mecanismo de produção de força (LACERDA *et al.*, 2016; TRAN; DOCHERTY; BEHM, 2006).

Uma explicação para estes resultados pode ser associada ao estímulo mecânico, ou seja, as contrações musculares, pois este também é responsável pelo desenvolvimento e manutenção muscular. Mudanças em sua magnitude podem gerar resultados distintos (GEHLERT *et al.*, 2015). Dessa forma, a realização de protocolos com diferentes números de repetições apresenta diferenças nas

características mecânicas, fator que também tem sido associado com respostas crônicas obtidas ao treinamento de força (MOHAMAD *et al.*, 2012). Sendo assim, o aumento do número de repetições é um fator importante para induzir adaptações neuromusculares (EARP *et al.*, 2015).

Todavia, no treinamento com repetições máximas, menores números de repetições possibilitam mobilizar maiores sobrecargas para realizar o exercício. À medida que as repetições aumentam, esta relação se inverte, por conta da interdependência volume/intensidade (SIMÃO *et al.*, 2012). Contudo, os principais achados do estudo realizado por Silva *et al.* (2016) sugerem que a sobrecargas obtidas não apresentaram diferenças significativas entre 8, 10 e 12RM em indivíduos treinados. No entanto, o TST verificado apresentou aumento significativo para 10RM e 12RM comparados ao protocolo de 8RM. Não foram verificadas diferenças entre os protocolos de 10 e 12RM.

Lamas *et al.* (2007) verificaram respostas similares no aumento de força máxima e hipertrofia do treinamento de força comparado ao treinamento de potência, ambos feitos na maior velocidade possível. O grupo de treinamento de força (TF) realizou agachamento com cargas entre 60 e 95% de 1RM, enquanto o grupo de treinamento de potência (TP) realizou o agachamento com cargas entre 30 e 60% de 1RM. Ao considerar que a menor intensidade da carga empregada no TP permitiu alcançar velocidades mais elevadas, número de repetições maiores, ou seja, um maior TST quando comparado ao TF, os achados de Lamas *et al.* (2007) reforçam o pressuposto que o estímulo mecânico é também fator preponderante para os resultados do TF.

Entretanto, a força muscular é bastante dependente da taxa de desenvolvimento de força (TDF) que é obtida através da razão entre a variação da força e a variação do tempo (MAFFIULETTI *et al.*, 2016). Maiores velocidades de contração acarretam inibição do drive neural e, possivelmente, a quantidade de torque gerado nos primeiros momentos da contração pode ser diminuída sob condições dinâmicas, particularmente as realizadas em alta velocidade (RITZMANN *et al.*, 2016). A TDF é influenciada por diferentes fatores, como o tamanho muscular e fatores neurais, como frequência do potencial de ação e o recrutamento dos motoneurônios (AAGAARD *et al.*, 2002). Sendo assim, mesmo que o número de repetições e o TST estejam equiparados, é possível que a resposta neuromuscular seja diferente em indivíduos com diferentes tipos de condicionamento físico e em

diferentes exercícios (LACERDA *et al.*, 2016).

A fadiga é outra adaptação neuromuscular associada com o aumento da força e hipertrofia. Assim, diferentes TST podem gerar magnitudes diferentes dessas respostas musculares (ROGATZKI *et al.*, 2014). Como a fadiga é proveniente de muitos fatores, uma série de definições foram propostas. Dentro do contexto do presente estudo, a fadiga foi considerada como a interrupção na geração de força, ou seja, quando a resposta contrátil para um dado estímulo for menor do que o esperado (MACINTOSH; RASSIER, 2002). No treinamento de força, quando a fadiga se dá em contrações concêntricas, esta situação é comumente conhecida como falha concêntrica (PAZ *et al.*, 2016).

### 2.3 Lactato

O treinamento de força promove alterações metabólicas e cardiorrespiratórias, além de promover significativa elevação do gasto calórico. Isso pode contribuir para a redução dos fatores de risco de doenças relacionadas ao estilo de vida sedentário (MAGYARI; CHURILLA, 2012).

Esse tipo de exercício físico envolve grande consumo de adenosina trifosfato (ATP), cuja magnitude depende da intensidade do esforço a ser realizado (JUEL *et al.*, 2004). Em eventos com duração superior a 10s, o glicogênio muscular torna-se a principal fonte de energia para a síntese de ATP (WILMORE; COSTILL, 2013) e a depleção dessas reservas pode causar fadiga em exercícios repetitivos, sob alta intensidade, como atividades de musculação ou ginástica com pesos (FITTS, 1994).

O predomínio das fontes de ATP também varia de acordo com o protocolo de treinamento. O TF com cargas mais elevadas e menor número de repetições gera um menor TST, ocasionando predomínio do metabolismo anaeróbico alático. Exercícios com cargas altas, porém menores do que o protocolo anterior, e com maior número de repetições, têm predomínio anaeróbico láctico (FLECK; KRAEMER, 2014).

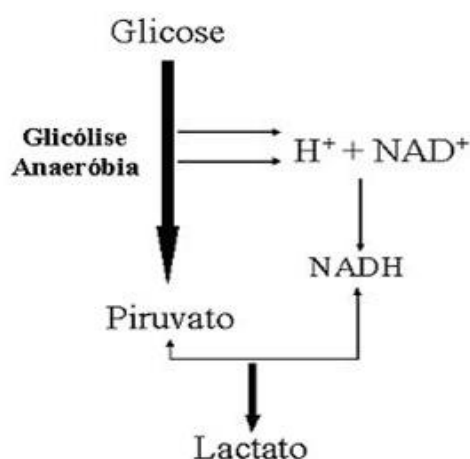
A glicose representa aproximadamente 99% de todos os açúcares circulantes no sangue, sendo originária da digestão de carboidratos ou da degradação do glicogênio hepático. A síntese do glicogênio ocorre a partir da glicose num processo

denominado glicogênese. Esse glicogênio é então armazenado no fígado ou no músculo, sendo utilizado quando a sua quebra forma glicose-1-fosfato através da glicogenólise (LIANG *et al.*, 2016). A glicólise começa quando a glicose-1-fosfato forma a glicose-6-fosfato, uma molécula de glicose é degradada através de reações catalisadas por enzimas, liberando 2 moléculas de piruvato cada (GLENN *et al.*, 2015).

Dentre as reações que ocorrem, a oxidação do gliceraldeído-3-fosfato requer um receptor de hidrogênio – a coenzima NAD<sup>+</sup>. A redução do NAD<sup>+</sup> faz com que haja a liberação da coenzima reduzida NADH. No entanto, o NADH formado nesse passo da glicólise precisa ser reoxidado, pois senão a glicólise logo se deteria por falta de NAD<sup>+</sup>. As células contêm quantidades limitadas desta coenzima oxidada, e a incapacidade de regenerar o NADH em NAD<sup>+</sup> deixaria a célula sem receptor de elétrons para a oxidação do gliceraldeído-3-fosfato e as reações libertadoras de energia da glicose cessariam. O NADH gerado pela glicólise em anaerobiose não pode ser reoxidado pelo O<sub>2</sub>. O NAD<sup>+</sup> precisa, portanto, ser regenerado através de outras reações, como a redução do piruvato a lactato (ØRNGREEN *et al.*, 2015).

Assim, o lactato é caracterizado como um composto orgânico que tem como principal fonte de produção a decomposição do glicogênio em piruvato no processo de formação de energia (Figura 2). Embora em baixa concentração, níveis de lactato também são verificados em repouso. A concentração deste marcador sanguíneo aumenta em virtude da intensidade que o exercício é praticado. Isso o torna um importante referencial de treinamento (McARDLE; KATCH; KATCH, 2011).

Figura 2 - Representação esquemática da conversão da glicose em piruvato



Fonte: adaptado de McARDLE; KATCH; KATCH, 2011.

A atividade muscular intensa frequentemente resulta na produção e acúmulo de lactato e prótons de hidrogênio ( $H^+$ ), causando algum comprometimento no metabolismo energético (POOLE *et al.*, 2015). No entanto, o valor absoluto da concentração de lactato depende também do número de séries e repetições, da intensidade relativa do exercício, da quantidade e do tamanho dos músculos envolvidos (GENTIL; OLIVEIRA; BOTTARO, 2006). O aumento da concentração de lactato é comumente associado com a queda no desempenho neuromuscular durante a realização de treinos até a repetição máxima (MARTIN *et al.*, 2015). A maior acidose muscular relacionada com a elevação das concentrações de lactato pode afetar a função muscular, causando inibição neural das vias de estimulação eferentes da musculatura, o que acarreta a queda no desempenho (MOSCATELLI *et al.*, 2016).

Dentre os estímulos necessários para os ganhos de força e hipertrofia muscular estão o impacto metabólico, hormonal e neuromuscular decorrentes do treino de força (BURD *et al.*, 2012). Nesse contexto, distintos TST também podem gerar diferentes concentrações de lactato sanguíneo e a análise dessas respostas permite caracterizar diferentes domínios de intensidade de exercício (GENTIL; OLIVEIRA; BOTTARO, 2006).

Barros *et al.* (2004) compararam valores relativos e absolutos do limiar do lactato em dois exercícios resistidos praticados por homens treinados e não treinados em relação à carga máxima. Apesar de valores absolutos distintos com a carga relativa, os valores de limiar de lactato nos exercícios aplicados se assemelham. Gentil, Oliveira e Bottaro (2006) também verificaram que a duração da repetição influencia a concentração de lactato sanguíneo. Baseando-se nos resultados destes estudos, quando todas as outras variáveis são padronizadas, uma maior duração da repetição implica em maior concentração de lactato sanguíneo (TANIMOTO; ISHII, 2006).

Gentil, Oliveira e Bottaro (2006) compararam as respostas de quatro diferentes métodos de execução do treinamento de força, usando a mesma intensidade de carga no exercício cadeira extensora que implicaram em diferentes TST. Os autores verificaram que as diferentes velocidades de execução dos protocolos modificaram o número de repetições realizadas, interferindo diretamente com o TST e com a manutenção do número de repetições. No entanto, os

resultados demonstraram que maiores níveis de lactato foram verificados em menores números de repetições, mas que geraram um maior TST. Esses resultados sugerem que, para aquela amostra, o estímulo metabólico se sobrepôs ao estímulo mecânico para a variável estudada.

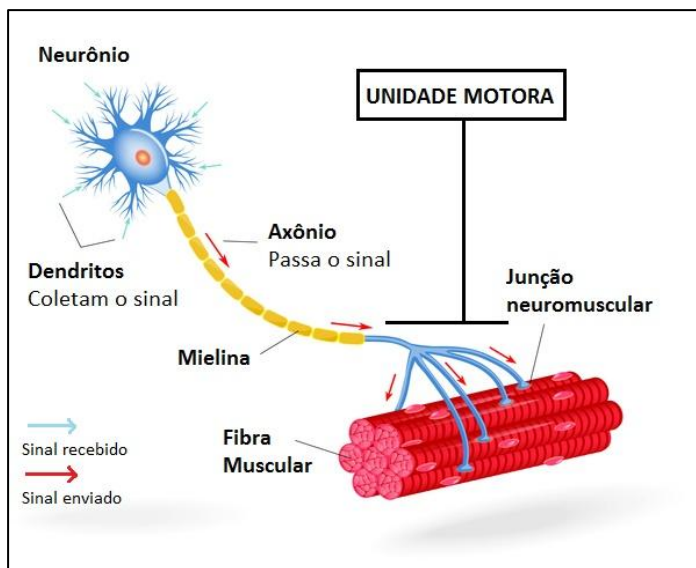
Segundo Tanimoto e Ishii (2006), existe uma relação entre a concentração de lactato provocada por protocolos de treinamento de força e o aumento nas respostas hormonais, que seriam favoráveis à hipertrofia muscular. Dessa forma, a concentração do lactato sanguíneo aparece como um potencial estimulador da secreção de hormônio de crescimento (*growth hormone* – GH). Entretanto, a magnitude dessas respostas hormonais ao exercício de força pode ser determinada pela manipulação aguda das variáveis, sendo proporcional à intensidade do programa de treinamento (EKLUND *et al.*, 2016).

O crescimento muscular induzido pelo TF é um fenômeno complexo que depende de diversos sistemas fisiológicos e vias de sinalização. Esse crescimento ocorre por uma sequência de eventos em cascata, como ativação muscular, eventos sinalizadores advindos da deformação mecânica das fibras musculares, respostas hormonais e imunoinflamatórias, síntese proteica e hipertrofia da fibra muscular (GONZALEZ, 2016).

## 2.4 Eletromiografia

O sistema neuromuscular é organizado de forma funcional em estruturas funcionais básicas denominadas unidade ou placa motora (Figura 3). Cada unidade motora é constituída por um neurônio motor e por todas as fibras inervadas por ele. A principal função da placa motora é gerar tensão mecânica (CZELL; GOLDMAN; WEBER, 2016). Para isso, é necessário que um potencial de ação elétrico, gerado pelo sistema nervoso central, seja transmitido pelo neurônio motor até as fibras musculares.

Figura 3 - Ilustração das estruturas das unidades motoras



Fonte: Adaptado de McARDLE; KATCH; KATCH, 2011.

A produção de força muscular depende do sistema nervoso central e do processo de modulação que ele exerce sobre os diferentes tipos de unidades motoras do músculo. Em situações de contração voluntária, a produção de força é modulada pela combinação entre o recrutamento e a frequência de ativação das unidades motoras (DE LUCA; HOSTAGE, 2010).

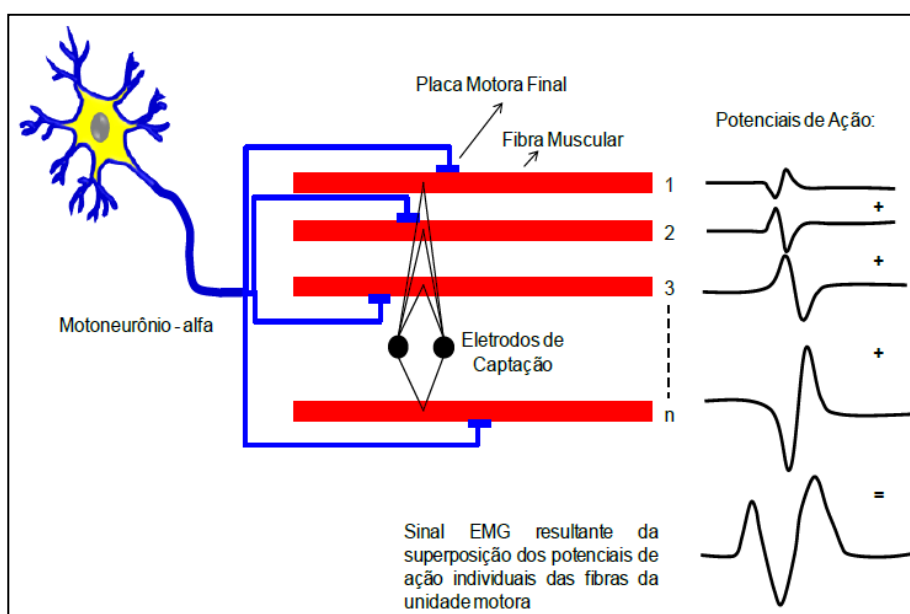
Para possibilitar a contração muscular, o sistema nervoso central envia, através do motoneurônio, um estímulo em formato de potencial de ação elétrico até a placa motora final (KONRAD, 2005). Após o potencial elétrico atingir a placa motora, processos bioquímicos são desencadeados, resultando na formação de um potencial de ação químico em cada fibra muscular (McARDLE; KATCH; KATCH, 2011). Na fibra muscular, imediatamente após o potencial de ação ser gerado, ele se propaga ao longo de sua extensão para ambos os lados e para o interior da fibra (KONRAD, 2005).

A eletromiografia de superfície (EMG) é uma técnica experimental que permite o registro e monitoramento das atividades eletroquímicas das fibras musculares ativas. O sinal eletromiográfico (sEMG) é a medida dos potenciais de ação, como efeito de tensão elétrica em função do tempo, obtido como somatório algébrico dos sinais captados por eletrodos colocados em posições anatômicas específicas (DE LUCA, 1997). O sEMG resulta do desequilíbrio eletroquímico gerado

pelos processos de despolarização e repolarização da membrana celular das fibras musculares.

A figura 4 é uma apresentação esquemática de um sEMG de uma única unidade motora. Neste esquema, observa-se que a forma de onda do sEMG relaciona-se ao somatório dos potenciais de ação das fibras musculares próximas ao eletrodo. O sEMG resulta da superposição dos potenciais de ação de todas as unidades motoras ativas que estão sob a área de detecção dos eletrodos.

Figura 4 - Representação esquemática do sinal EMG de uma unidade motora durante uma contração



Fonte: Adaptado de KONRAD, 2005.

A aquisição dos sinais eletromiográficos de superfície envolve *hardwares* adequados para realizar o sistema de amplificação diferencial e rejeição de modo comum. O sinal analógico emitido pelo corpo deve ser convertido para um sinal digital através de um conversor análogo-digital, possibilitando seu registro no computador. Tal configuração necessita de ajustes, como frequência de amostragem, amplificadores, filtros, conversor análogo-digital, dentre outros (DE LUCA; HOSTAGE, 2010).

O sEMG de superfície guarda informações das propriedades neurais e fisiológicas das unidades motoras. Sendo assim, é possível a investigação das suas propriedades no domínio do tempo e/ou no domínio da frequência. Isso pode fornecer informações para a compreensão dos processos eletrofisiológicos



envolvidos na atividade muscular, na determinação de procedimentos e técnicas terapêuticas que auxiliem na conduta clínica, na avaliação de disfunções do sistema neuromuscular e em pesquisas clínicas (ARABADZHIEV *et al.*, 2010).

A análise do sinal de eletromiografia permite a identificação de eventos ocorrendo ao longo do tempo ou em padrões específicos de frequência (CRAM; KASMAN, 1998). No domínio do tempo, medidas como o *Root Mean Square* (RMS), definido como a raiz quadrada do valor médio quadrático, e a integral do sinal retificado permitem a quantificação da amplitude da ativação (SILVA *et al.*, 2017). Estas medidas são sensíveis ao aumento na frequência de disparos ou no aumento do número de unidades motoras recrutadas. No domínio da frequência, a mudança no espectro de potência do sinal eletromiográfico permite quantificar a mediana ou mesmo a média da frequência do sinal (JENKINS *et al.*, 2016).

A análise do domínio do tempo reflete parâmetros associados a intensidade do sinal EMG (recrutamento de unidades motoras e somatório dos potenciais de ação). Em contrapartida, o domínio da frequência possibilita estudar aspectos como a velocidade de condução de disparo e frequência de disparo nas unidades motoras (KALMAR; CAFARELLI, 2006). Tais parâmetros possibilitam a análise de diversos fatores durante exercícios de força como a intensidade da ativação muscular, fadiga muscular e padrão de atividade muscular entre determinados protocolos e exercícios.

Todavia, a coleta, análise e tratamento do sinal EMG apresentam diversas limitações a serem consideradas. Durante a análise com eletrodos bipolares de superfície, o posicionamento e a distância inter-eletrodos possibilitam maior ou menor área de varredura em um determinado músculo (STEGEMAN; HERMES, 2005). Conseqüentemente, as próprias características de arquitetura muscular como o comprimento muscular, ângulo de penação e aspecto morfológico do músculo interferem no sinal EMG registrado. Isso pode limitar a comparação dos dados analisados entre estudos de EMG (PAZ *et al.*, 2016).

Durante tarefas dinâmicas pode ocorrer o deslocamento dos eletrodos, o que pode comprometer a composição do sinal EMG captado e desencadear interpretações equivocadas a respeito dos resultados analisados (CRAM; KASMAN, 1998).

Outro fator a ser considerado durante as comparações são as características individuais dos participantes avaliados, como espessura da pele e do tecido

subcutâneo, oleosidade, presença de pelos e redução do fluxo sanguíneo (ARABADZHIEV *et al.*, 2010). Por outro lado, algumas entidades, como a *International Society of Electromyography and Kinesiology* (ISEK) e a *Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles* (SENIAM) sugerem protocolos a serem seguidos durante a coleta e análise do sinal EMG com a finalidade de padronizar o método de avaliação e controlar as variáveis independentes (MERLETTI, 1999; SENIAM, 2005).

Dessa forma, com o objetivo de reduzir a variabilidade do sinal EMG registrado entre sujeitos e possibilitar a comparação da atividade muscular entre indivíduos, o processo de normalização vem sendo aplicado amplamente. Dentre as formas de normalização do sinal EMG, destaca-se a ação isométrica voluntária máxima (AIVM), na qual o maior valor encontrado durante a AIVM (100%) é utilizado como referência para a comparação entre os músculos analisados (KALMAR; CAFARELLI, 2006). Outros procedimentos utilizados são o pico do sinal EMG analisado e o valor médio do sinal obtido durante as tarefas realizadas (MERLETTI, 1999).

Todavia, o método mais adequado de normalização do sinal EMG depende usualmente da variável e característica do sinal a ser analisada, assim como do tipo de tarefa a ser realizada (dinâmica, isométrica ou isocinética). Ainda assim, a eletromiografia de superfície é uma técnica que possibilita estudar a atividade muscular de maneira não-invasiva e com custo relativamente baixo.

Segundo Merletti (1999), embora a amplitude do sinal eletromiográfico não reflita necessariamente o valor da força gerada por um músculo em contração, é qualitativamente relacionada com a quantidade de torque (ou força) medido sobre uma articulação. No entanto, esta é a razão pela qual certa quantidade de informação com relação à força muscular pode ser extraída a partir dos dados eletromiográficos.

## 2.5 Cinemetria

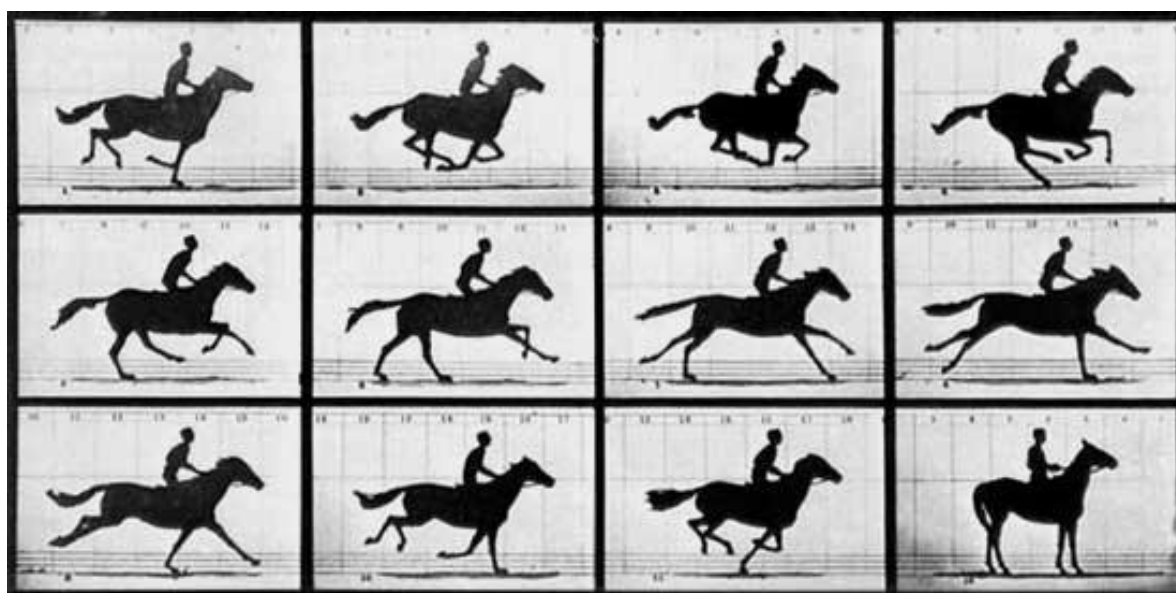
A cinemetria é um método da biomecânica que se destina à obtenção de variáveis cinemáticas lineares e angulares para a descrição de posições ou

movimentos no espaço, usando uma análise bidimensional (2D) ou uma análise tridimensional (3D) (MACALUSO *et al.*, 2016). Esse método permite, a partir da aquisição de imagens da execução do movimento, observar a determinação da posição e orientação dos segmentos corporais, buscando medir os parâmetros cinemáticos do movimento, tais como velocidade, deslocamento, posição e orientação do corpo e de suas partes (AMADIO, 2000).

No entanto, a captura de movimentos é advinda de desenvolvimentos tecnológicos nas áreas médicas, militares e da computação gráfica, tendo diversas aplicações com o passar dos anos. Esta técnica apareceu de forma simples, com diversas alternativas ao passar do tempo e foi se aperfeiçoando na medida em que os anos passaram (WANG *et al.*, 2016).

O interesse pelo estudo do movimento tem seu início desde a Grécia Antiga, contudo, Eadweard Muybridge (1830–1904) foi um dos primeiros cientistas a desenvolver uma técnica capaz de realizar o registro do movimento e quantificar seus padrões. Sua técnica ficou conhecida como fotogrametria (Figura 5), que teve como objetivo extrair informações métricas a partir de imagens (MUNDERMAN, 2006).

Figura 5 - Imagem gerada pelo zoopraxiscópio



Fonte: MUYBRIDGE, 1893.

No decorrer do tempo, outra técnica mais específica de captura e movimento, também baseada em imagens, foi desenvolvida. Nesta técnica, eram utilizados uma espécie de pinos para demarcar pontos anatômicos específicos dos sujeitos de pesquisa. Estes pinos eram registrados por três câmeras posicionadas de forma a obter imagens de três planos diferentes (LEVENS; INMAN; BLOSSER, 1948).

Na década de 1960, Murray e colaboradores desenvolveram uma nova técnica muito importante para o estudo do movimento. Essa técnica era baseada na fixação de fitas reflexivas, denominadas marcadores, em pontos anatômicos específicos do sujeito de pesquisa, e a utilização de condições especiais de iluminação para que essas fitas se destacassem nas imagens geradas. Esse registro visual de uma câmera de vídeo deu origem às técnicas utilizadas atualmente (MURRAY; DROUGHT; KORY, 1964).

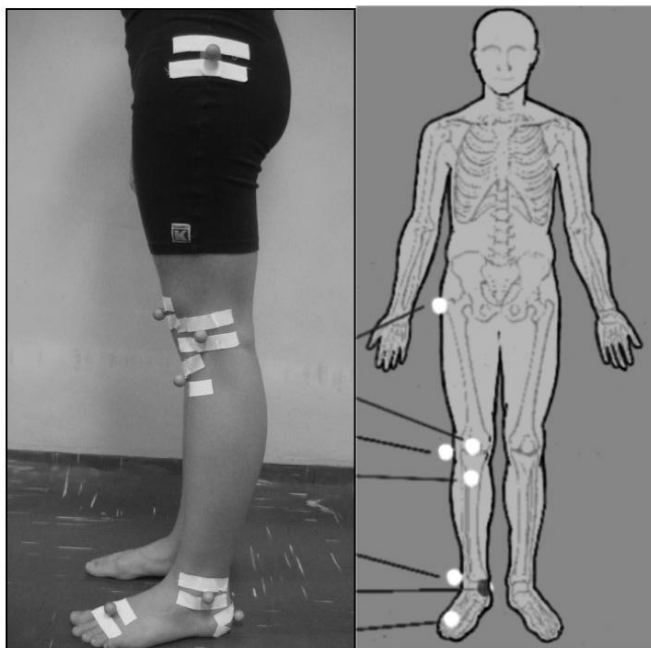
Assim, na cinemetria o instrumento básico para medidas cinemáticas é baseado em câmeras de vídeo que registram a imagem do movimento ou as coordenadas de pontos de interesse. Então, através de software específico, as variáveis de interesse são aferidas (MACALUSO *et al.*, 2016). Esta ferramenta tem sido utilizada em diversos estudos (BAUDE *et al.*, 2015).

Nessa ferramenta de análise, os sistemas são orientados para as medições dos movimentos e posturas dos gestos através de imagens, registro de trajetórias, decurso de tempo, determinação de curvas de velocidade e de aceleração, entre outras variáveis derivadas (ROBERTSON *et al.*, 2014).

O tipo de movimento e as necessidades da análise determinam em grande parte a escolha da câmera ideal e dos sistemas de análise. A precisão de uma análise cinemática é o fator positivo deste método, pois são desenvolvidos equipamentos de precisão e de alta resolução de imagens. Outra vantagem está no fato de que, neste método, o corpo fica livre dos efeitos retroativos em que o indivíduo pode realizar movimentos livres sem a interferência de qualquer aparelho de avaliação biomecânica que esteja conectado ao corpo do atleta (MACALUSO *et al.*, 2016).

Na cinemetria para o exercício ou esporte o registro de imagens do movimento e as consequentes reconstruções precisam do auxílio de pontos marcados, conforme modelo antropométrico (Figura 6), que estima a localização dos eixos articulares onde fixam-se estas marcas (ZATSIORSKY, 1983).

Figura 6 - Figura representativa do posicionamento dos marcadores anatômicos



Fonte: REIS *et al.*, 2009.

Estes marcadores anatômicos de referência, além de definir uma articulação, também definem um segmento. O segmento é definido com um mínimo de dois marcadores anatômicos, um no ponto distal do segmento e outro no ponto proximal do segmento. As coordenadas tridimensionais de cada ponto corporal para cada quadro são determinadas através desse ponto juntamente com as funções trigonométricas e de cálculos de variáveis cinemáticas (ROBERTSON *et al.*, 2014).

Entre os principais objetivos que indicam a utilização deste procedimento estão: avaliação da técnica para competição, desenvolvimento de técnicas de treinamento, avaliação do padrão de movimento e detecção de talentos esportivos (AMADIO, 2000).

Devido à especificidade de cada técnica de movimento, é necessário desenvolver um sistema específico para a análise. Isso implica na escolha e definição de variáveis apropriadas para a descrição desejada nesse diagnóstico protocolar descritivo do movimento (MACALUSO *et al.*, 2016).

A partir de variáveis trajetória e decurso de tempo gasto para executar o movimento, observa-se indicadores cinemáticos de importância estrutural para a avaliação do movimento. As variações lineares e angulares de posição, velocidades lineares e angulares, velocidade do centro de gravidade, dos segmentos e das

articulações, determinação das variações da aceleração do movimento, tempo de reação e tempo de movimento, entre outras variáveis a serem selecionadas conforme os propósitos da análise e necessidades indicadas pelo avaliador (MACALUSO *et al.*, 2016).

Alguns sistemas de análise do movimento podem ser mais complexos, em que o movimento é realizado em laboratório e as câmaras têm a sua própria luz, permitindo a reflexão com os marcadores anatômicos ou câmaras de infravermelhos de modo a identificar a localização dos marcadores anatômicos automaticamente, ou menos complexos, que consistem na utilização de câmaras digitais ou câmaras digitais de alta velocidade, que são fixas num local através de tripés. Nesse caso, os marcadores devem ter a sua própria luz ou então, num ambiente mais controlado, colocar luzes para que haja reflexão com os marcadores anatômicos, sendo este o de aplicação mais comum (ROBERTSON *et al.*, 2014).

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Neste capítulo são apresentados os procedimentos utilizados no desenvolvimento desta pesquisa, subdivididos em subitens: o modelo de estudo; universo, amostragem e amostra; ética da pesquisa; materiais e métodos; limitações do estudo e procedimentos de análise dos dados.

#### **3.1 Modelo do estudo**

A pesquisa original é descritiva, comparativa e correlacional com desenho analítico observacional de caráter transversal (THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2007).

#### **3.2 Universo, amostragem e amostra**

##### **3.2.1 Universo**

O universo foi constituído de indivíduos fisicamente ativos, militares, moradores da cidade do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

##### **3.2.2 Amostragem**

Para a composição da amostragem, foram respeitados alguns critérios de inclusão e exclusão. Foram incluídos no estudo indivíduos voluntários, fisicamente ativos, que não apresentaram nenhuma lesão no aparelho osteomioarticular no período da coleta e praticantes de exercícios físicos há no mínimo seis meses com

frequência semanal de dois dias. Em contrapartida, foram excluídos do processo de amostragem sujeitos que não estavam em concordância com os termos do compromisso assumido com o pesquisador, que faltaram a algum dia de coleta ou que, por ventura, se sentiram incomodados com qualquer procedimento proposto no decorrer da pesquisa, indivíduos com alguma algia que pudesse interferir na correta execução do exercício ou PAR-Q positivo (Anexo A) (SHEPHARD, 1992).

O tamanho da amostra ( $n$ ) foi calculado através de um estudo piloto (SILVA *et al.*, 2016) (Apêndice A) conforme recomendação de Barreto e Ribeiro (2004) com a seguinte fórmula:

$$n \geq \left( \frac{Z_{\alpha/2} * \sigma}{d} \right)^2$$

Onde:

$Z_{\alpha/2}$  = valor de Z (para um grau de confiança de 95%,  $Z = 1,96$ )

$n$  = número de sujeitos

$\sigma$  = variância estimada

$d$  = erro máximo de estimativa

De acordo com os resultados, verificou-se a necessidade de incluir 12 elementos em cada grupo de exercício.

### 3.2.3 Amostra

Observados os procedimentos de amostragem, os indivíduos que se adequaram aos critérios de inclusão e exclusão foram convidados a participar da pesquisa. Sendo assim, a composição da amostra e sua distribuição nos exercícios supino reto e agachamento foram feitas de forma aleatória, por sorteio simples. Os militares foram sorteados e convidados a participar do estudo. Caso este não estivesse em acordo com a proposta do estudo e com os critérios de inclusão e de exclusão, um novo sorteio era realizado até que se completasse o número desejado.



Inicialmente, participaram 24 militares, pertencentes a Comissão de Desportos da Aeronáutica (CDA) que foram divididos em dois grupos: grupo supino reto (SR; n = 12) e grupo agachamento (AG; n = 12). No entanto, um participante do SR foi intimado a prestar serviço em escala não condizente com as requeridas pelos critérios de inclusão e dois participantes do AG foram designados para uma missão administrativa, o que os impossibilitou de comparecer aos dias das coletas de dados. Sendo assim, esses três militares desistiram do estudo. Dessa forma, 21 sujeitos (SR = 11; AG = 10) finalizaram o estudo.

### **3.3 Ética da pesquisa**

O presente trabalho atendeu às normas para a realização de pesquisa em seres humanos, da resolução nº 466/12, do Conselho Nacional de Saúde, de 12/12/2012 (CNS, 2012).

Todos os participantes do estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice B), contendo: objetivo do estudo, procedimentos de avaliação, possíveis riscos e consequências, procedimentos de emergência e caráter de voluntariedade da participação do sujeito. Além disso, foi elaborada a Declaração de Ciência à Instituição (Apêndice C) na qual foi realizada a pesquisa.

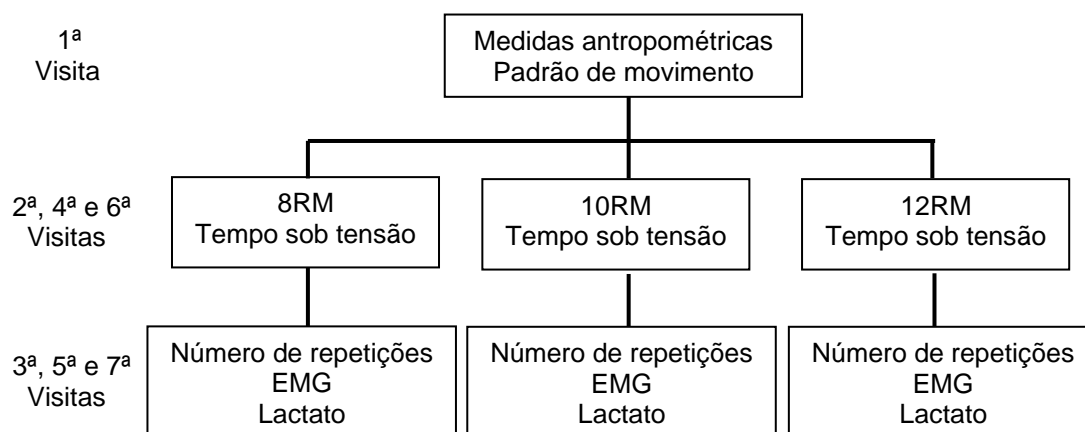
O projeto deste estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) envolvendo seres humanos do Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE/UERJ) aprovado pelo parecer número 1.823.683 (Anexo B).

### **3.4 Materiais e métodos**

O presente estudo foi desenvolvido em quatro etapas: 1- coletas para caracterização da amostra; 2- descrição dos padrões de movimento; 3- teste de carga; e 4- protocolo experimental. As etapas 1 e 2 aconteceram no mesmo dia, enquanto para cada RM desejada foram realizadas visitas em dias distintos, sendo

um dia exclusivo para 8, outro para 10 e outro para 12 RM. Desta forma, as etapas 3 e 4 aconteceram com um intervalo não inferior a 48h entre elas. Foram realizadas sete visitas ao laboratório para a coleta de dados para os exercícios supino reto e agachamento (Figura 7).

Figura 7 - Fluxograma do procedimento de coleta de dados para cada exercício



### 3.4.1 Procedimentos preliminares

Preliminarmente foi apresentado aos sujeitos o objetivo do estudo e esclarecimentos dos procedimentos relativos à coleta de dados referentes ao projeto de pesquisa. Foi entregue aos participantes o TCLE.

Neste mesmo dia, foram coletadas para a caracterização da amostra dados da massa corporal, através de uma balança mecânica (FILIZOLLA®, BRASIL), e da estatura, através de um estadiômetro portátil (SECA®, BAYSTATE SCALE & SYSTEMS, USA). Utilizou-se o protocolo de três dobras cutâneas proposto por Jackson e Pollock (1978) para estimar o percentual (%) de gordura.

Em sequência, as informações sobre os padrões das técnicas de execuções dos exercícios propostos foram passadas aos indivíduos participantes do estudo, assim como educativos acerca da correta execução. Os exercícios utilizados estão descritos a seguir.

A posição do indivíduo no exercício supino reto, realizado no aparelho Smith (RIGHETTO, HIGH ON, BRASIL) foi em decúbito dorsal, com os dois pés no chão, coluna com as curvaturas fisiológicas preservadas, estando os ombros em abdução de 90° e cotovelos em flexão de 90°. Nessa posição, a face posterior do braço tocou uma corda sustentada por dois cavaletes que foi limitador da amplitude inferior. Na execução do exercício, foram realizados os movimentos adução horizontal dos ombros, abdução da cintura escapular e completa extensão do cotovelo até 0°. Este, o ponto final, foi marcado por uma etiqueta posicionada na barra de sustentação do aparelho Smith para servir de limite da execução, sendo observado para falha do movimento. A retirada do dorso do banco e/ou perda de contato dos pés com o solo também finalizava o exercício (MONTEIRO *et al.*, 2016).

No exercício agachamento, o indivíduo permaneceu em pé, perpendicular à barra fixa do aparelho Smith, com os dois pés paralelos, com os pés alinhados com os ombros e quadril, estando os joelhos e quadril em flexão de 90°. Nesta posição, para verificar o ângulo limite proposto, uma corda suspensa por dois cavaletes serviu como limitador do movimento. Para que o participante tivesse um *feedback* sensorial desta posição, foi instruído que, no momento que o músculo glúteo tocasse a corda, ele deveria recomeçar o movimento. A execução do exercício consistiu na completa extensão do joelho e do quadril até 0°, sendo este o ponto final. Este ponto foi marcado por uma etiqueta posicionada na barra de sustentação do aparelho Smith e serviu de limite da execução, sendo observado para falha do movimento (WIRTH *et al.*, 2016).

Para a determinação do ângulo proposto nos dois exercícios foi utilizado um goniômetro manual (CARCI, BRASIL).

#### 3.4.2 Determinação da sobrecarga de RM

Os testes de 8, 10 e 12 RM tiveram como finalidade realizar as respectivas repetições consecutivas com o máximo de sobrecarga, na maior velocidade possível (SIMÃO *et al.*, 2012). Para este estudo foram utilizados os exercícios supino reto e agachamento, ambos no aparelho Smith. Os testes de RM foram realizados em dias diferentes com no mínimo 48h de intervalo entre eles.

O teste foi interrompido no momento em que os avaliados executaram o movimento com a técnica incorreta e/ou quando ocorreram falhas concêntricas voluntárias em RM. Visando reduzir a margem de erro nos testes, foram adotadas as seguintes estratégias: (a) instruções padronizadas foram fornecidas antes do teste, de modo que o avaliado estivesse ciente de toda a rotina envolvida na coleta de dados; (b) o avaliado foi instruído sobre a técnica de execução dos exercícios; (c) o avaliador esteve atento quanto à posição adotada pelo praticante no momento do teste, pois pequenas variações no posicionamento das articulações envolvidas no movimento poderiam acionar outros músculos, levando a interpretações errôneas dos escores obtidos; (d) estímulos verbais foram realizados com o intuito de manter o nível de motivação elevado (PAZ *et al.*, 2016).

Os intervalos entre as tentativas em cada exercício durante o teste de RM foram fixados em cinco minutos. Os indivíduos foram orientados a não ingerir qualquer substância estimulante (caféina ou álcool) e a não realizar atividade física no dia anterior ou no dia dos testes. As técnicas de execução dos exercícios foram padronizadas e seguidas em todos os testes (SCUDESE *et al.*, 2015).

### 3.4.3 Tempo sob tensão

A cronometragem do tempo sob tensão de cada sujeito, em cada exercício, foi verificada na execução para 8, 10 e 12 RM. Utilizou-se a técnica de contagem de tempo por meio de cinemetria com o software KINOVEA 8.15 (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ *et al.*, 2014).

Para verificação do momento de início e término do movimento, assim como o comportamento da cinemática angular e linear articular, foram afixados marcadores reflexivos nas linhas médias dos punhos, cotovelos e ombros no exercício supino reto e no quadril, joelhos e tornozelos no exercício agachamento, garantindo assim o padrão de movimento. As imagens foram adquiridas por uma câmera (SONY, JAPÃO) posicionada em um tripé no plano frontal para o supino reto e no plano sagital para o agachamento de forma que permitisse a visualização total do movimento.

#### 3.4.4 Protocolos experimentais

O protocolo experimental para cada número de repetições (8, 10 e 12 RM) foi realizado em dias diferentes, com no mínimo 48h de intervalo entre eles e também não antes de 48h após os testes de RM. Cinco avaliadores acompanharam a coleta de dados. Um avaliador chamado de “avaliador de execução” foi responsável pela verificação do padrão do movimento, pelo incentivo ao participante e pela validação da coleta. Ao sinal deste avaliador, a coleta começava e terminava. Este avaliador também ficou responsável por fazer as anotações nas fichas de coleta (Apêndice D e Apêndice E). O “avaliador do EMG” ficou responsável por todo o processo de fixação dos eletrodos e manipulação da instrumentação. Já o “avaliador-câmera” foi o responsável pela filmagem e posterior análise das filmagens. Foi ele também que fixou os marcadores reflexivos nos pontos anatômicos. Completando a equipe de coleta, o “avaliador sanguíneo” foi aquele responsável pela coleta e manipulação do lactímetro para análise do sangue. O “avaliador sanguíneo” também ficou responsável por repassar os valores encontrados para o “avaliador de execução” para anotação na ficha de coleta. O quinto elemento da coleta foi o “coordenador”, que verificou e organizou as ações dos demais avaliadores. O “coordenador” também foi responsável pela organização dos participantes da amostra, do recolhimento das assinaturas do TCLE e pelos esclarecimentos acerca da pesquisa. Todos os procedimentos de coleta foram realizados anteriormente para treinamento da equipe. Assim, todos os avaliadores se tornaram experientes com coeficiente de correlação intraclasse (CCI) superior a 0,90.

Antes da aplicação do protocolo, os participantes realizaram um aquecimento de uma série de 15 repetições com 50% da carga obtida no teste de RM, adotando-se intervalo de três minutos antes de iniciar o protocolo. Os indivíduos foram orientados a realizar o exercício na maior velocidade possível.

Para verificação da normalidade do TST encontrado pelo grupo, foi aplicado o teste de Shapiro Wilk. Com o resultado favorável, foi utilizada a média do TST encontrado por toda a amostra em cada protocolo. Assim, foi verificado um TST médio para 8RM, outro para 10RM e outro para 12RM. Desta forma, posteriormente, cada participante realizou o exercício com a carga obtida no teste, desta vez sendo solicitado que realizasse quantas repetições conseguisse no TST médio alcançado pelo grupo no dia do protocolo preliminar.

O exercício foi realizado seguindo o mesmo padrão de movimento utilizado no teste de RM a fim de verificar se este reflete o mesmo número de repetições realizadas anteriormente. O sinal EMG, correspondente ao tempo sob tensão de 8, 10 e 12 RM, foi verificado e amostras de sangue foram coletadas no momento antes do exercício e 30 segundos após para a análise do estresse metabólico muscular.

#### 3.4.5 Atividade eletromiográfica

Os sinais EMG de superfícies foram captados utilizando um eletromiógrafo de 8 canais (EMGSystem do Brasil Ltda., São Paulo, Brasil), com ganho total de 1000, rejeição de modo comum de 110dB e filtro passa-banda de 8-500Hz, digitalizado para um computador através de uma placa de conversão A/D de 16 bits de resolução, e na frequência de amostragem de 1000Hz. O sinal EMG foi captado através de eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl com área de captação de 1 cm e distância intereletrodos de 2 cm. Os eletrodos foram posicionados de acordo com as recomendações de Criswell (2010) nos músculos vasto medial (VL) (Figura 8), vasto lateral (VL) (Figura 9), reto femoral (RF) (Figura 10) e bíceps femoral (BF) (Figura 11) na realização do exercício agachamento e peitoral maior partes clavicular (PC) e esternocostal (PE) (Figura 12), tríceps braquial (TB) (Figura 13) e deltoide clavicular (DC) (Figura 14) no exercício supino reto.

Figura 8 – Posicionamento dos eletrodos para o músculo vasto medial (VM)



Fonte: CRISWELL, 2010.

Figura 9 – Posicionamento dos eletrodos para o músculo vasto lateral (VL)



Fonte: CRISWELL, 2010.

Figura 10 – Posicionamento dos eletrodos para o músculo reto femoral (RF) (perna direita)



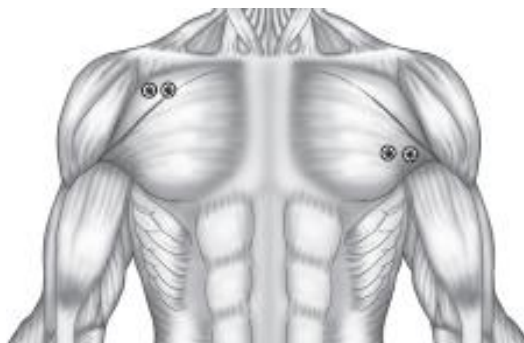
Fonte: CRISWELL, 2010.

Figura 11 – Posicionamento dos eletrodos para o músculo bíceps femoral (BF) (perna direita).



Fonte: CRISWELL, 2010.

Figura 12 – Posicionamento dos eletrodos para os músculos peitoral maior parte clavicular (PC) (lado direito) e parte esternocostal (PE) (lado esquerdo)



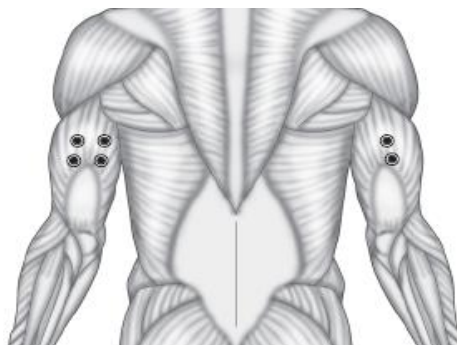
Fonte: CRISWELL, 2010.

Figura 13 – Posicionamento dos eletrodos para o músculo deltoide anterior (DA)



Fonte: CRISWELL, 2010.

Figura 14 – Posicionamento dos eletrodos para o Músculo tríceps braquial (TB) (lado direito)



Fonte: CRISWELL, 2010.



Antes da colocação dos eletrodos, foram realizadas tricotomia, abrasão e posterior assepsia da pele com algodão embebido em álcool. O eletrodo de referência foi acoplado na clavícula quando realizado o exercício supino reto e no trato tibial no exercício agachamento. Tanto os eletrodos de registro quanto o eletrodo de referência foram fixados por fita adesiva de acordo com as recomendações da Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia (MERLETTI, 1999).

A fim de garantir a qualidade do sinal obtido, o mesmo foi tratado no Software MyoResearch XPTM (NORAXON INC., USA) e apresentado como Root Mean Square (RMS). Para a normalização do sinal foi utilizada a técnica da Média do Sinal EMG. Este valor é caracterizado pela média do sinal RMS de cada sujeito nos três protocolos. Atribui-se 100% a este, então, todo o sinal EMG é normalizado por esse valor (BURDEN; BARLETT, 1999).

#### 3.4.6 Lactato

Para a mensuração da concentração sanguínea dos níveis de lactato, foi utilizado um lancetador (ROCHE, ACCUTREND, SUIÇA) com lancetas descartáveis para realizar uma perfuração na falange distal do dedo indicador direito, após este ser limpo com álcool. Este procedimento permitiu a colocação de uma gota de sangue em uma tira reagente (ROCHE, BM-LACTATE, SUIÇA) colocada em um lactímetro portátil (ROCHE, ACCUTREND PLUS, SUIÇA) (BALDARI *et al.*, 2009).

Este método se baseia na intensidade da cor produzida na camada de reação da tira de teste por meio de fotometria de reflectância e calcula a concentração sanguínea de lactato por meio de um algoritmo específico de lote.

Os valores obtidos foram anotados e organizados para análises posteriores. As coletas foram realizadas antes do protocolo de exercício (LACpré) e 30 segundos após os exercícios (LACpós) supino reto e agachamento. Os valores são apresentados por mmol/l.

### **3.5 Limitações do estudo**

O estudo encontrou dificuldades de execução devido às diferentes escalas de trabalho dos militares, porém o comando da Aeronáutica liberou os militares que estavam em serviço para realizarem os testes do presente estudo. Além disso, a complexidade do protocolo experimental demandou organização da equipe de avaliação. Para superar esta complexidade, a equipe passou por treinamento intensivo e específico.

### **3.6 Procedimentos de análise dos dados**

Os dados foram tratados pelo programa estatístico IBM SPSS Statistics 20 for Windows para atender os objetivos do estudo. O tratamento de dados foi apresentado em estatística descritiva e inferencial.

#### **3.6.1 Estatística descritiva**

O emprego de técnicas de estatística descritiva visa caracterizar o universo amostral a ser pesquisado. Para a descrição dos dados coletados, foram utilizadas medidas de localização e medidas de dispersão. Dentre as primeiras, foi calculada a média por ser uma medida de tendência central. As medidas de dispersão estimam a variabilidade existente nos dados. Com este intuito, foram verificados o desvio padrão e os valores mínimos e máximos (THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2007).

### 3.6.2 Estatística inferencial

A normalidade e a homogeneidade de variância dos dados da amostra foram analisadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. A análise de variância One-way (ANOVA) com medidas repetidas foi utilizada para as comparações entre as séries de exercícios, seguida do *post hoc* de Bonferroni para identificar as possíveis diferenças entre o TST, a atividade eletromiográfica e a concentração sanguínea de lactato. Quando alguma variável do estudo não apresentou uma distribuição próxima da curva normal, foi utilizado o ajustamento de comparações múltiplas de Bonferroni. O teste de correlação de Pearson foi realizado para verificar as possíveis associações entre as variáveis de estudo (TRIOLA, 2005).

### 3.6.3 Nível de significância e potência do experimento

Com o propósito de manter a cientificidade da pesquisa, o presente estudo admitiu o nível de significância de  $p < 0,05$ , isto é, 95% de probabilidade de que estejam certas as afirmativas e/ou negativas denotadas durante as investigações, admitindo-se, portanto, a probabilidade de 5% para resultados obtidos por acaso. O estudo pretendeu obter um poder do experimento correspondente a, no mínimo, 80%, possibilitando assim controlar o erro tipo II.

Tanto no exercício supino reto quanto no exercício agachamento as variáveis sobrecarga (SC), TST e LAC apresentaram valores similares. Foi verificado um poder do experimento de 99% para estas variáveis. Esses valores fortalecem a magnitude dos resultados encontrados nas análises do presente estudo.

Para a atividade EMG no exercício supino reto, o poder do experimento observado foi de 99% para os músculos PC e PE, de 14% para o DC e de 36% para o TB. No exercício agachamento foi verificado o poder do experimento para o VL de 45%, para o RF de 84% e para o VL e BF de 85% e 43%, respectivamente. Os resultados do PC e PE e do RF e VL fortalecem a magnitude das respostas verificadas pelo presente estudo para estes músculos e corroboram com a maior demanda desses músculos para realizar os movimentos nos exercícios estudados.

## 4 RESULTADOS

Os resultados são apresentados de forma descritiva como média, desvio padrão, máximo e mínimo e de forma comparativa. As características da amostra e de cada grupo são apresentadas no subitem 4.1. No subitem 4.2, são apresentados os resultados do primeiro objetivo específico (TST, LAC e EMG para o exercício supino reto). No item 4.3, são apresentados os resultados do segundo objetivo específico (TST, LAC e EMG para o exercício agachamento). Os resultados do objetivo geral (associação entre as variáveis estudadas) são apresentados no subitem 4.4.

### 4.1 Resultados das características da amostra

A tabela 1 apresenta as características da amostra. Esses resultados contemplam todos os sujeitos do estudo, ou seja, os elementos do grupo supino reto e do grupo agachamento somados.

Tabela 1 - Características da amostra (n = 21)

	Média	DP	Máximo	Mínimo
Idade	19,00	0,32	20,00	18,00
Massa Corporal	67,73	5,73	79,75	58,50
Estatutura	1,72	0,05	1,82	1,63
IMC	22,99	2,20	27,36	19,10
% de Gordura	7,30	1,85	10,30	4,10

DP = Desvio Padrão; IMC = Índice de Massa Corporal; % = percentual.

Como observado na tabela 1, os participantes da amostra apresentaram resultados similares em todas as variáveis.

Nas tabelas 2 e 3 é possível verificar os dados dos sujeitos da amostra divididos nos dois grupos. As mesmas características das variáveis apresentadas no grupo amostral foram verificadas nos grupos experimentais. O teste de Shapiro Wilk demonstrou que os dados apresentados seguiram uma distribuição próxima da

curva normal.

Tabela 2 - Características do grupo supino reto

	Média	DP	Máximo	Mínimo	p-valor (SW)
Idade	19,09	0,30	20,00	19,00	0,987
Massa Corporal	67,89	6,60	79,75	58,50	0,961
Estatura	1,71	0,05	1,75	1,63	0,774
IMC	23,38	2,46	27,36	19,10	0,977
% de Gordura	7,99	1,61	10,30	4,40	0,920

DP = Desvio Padrão; IMC = Índice de Massa Corporal; % = percentual; SC = Sobrecarga de teste; SW = Shapiro Wilk.

Tabela 3 - Características do grupo agachamento

	Média	DP	Máximo	Mínimo	p-valor (SW)
Idade	18,90	0,32	19,00	18,00	0,366
Massa Corporal	67,55	4,96	75,40	61,40	0,932
Estatura	1,73	0,05	1,82	1,63	0,873
IMC	22,56	1,89	25,19	19,95	0,907
% de Gordura	6,54	1,87	9,40	4,10	0,912

DP = Desvio Padrão; IMC = Índice de Massa Corporal; % = percentual; SC = Sobrecarga de teste; SW = Shapiro Wilk.

#### 4.2 Resultados do objetivo específico 1

A ANOVA com medidas repetidas mostrou uma interação entre as variáveis do estudo para o grupo supino reto (Wilk's Lambda = 0,141; F = 24,094;  $p < 0,001$ ). A tabela 4 demonstrou resultados significativos para a sobrecarga de teste (SC), tempo sob tensão (TST) e número de repetições realizadas (REP) no supino reto. A SC encontrada no protocolo de 12 RM foi significativamente maior a SC verificada no protocolo de 10RM ( $p = 0,041$ ) e a SC verificada no protocolo de 8RM ( $p < 0,001$ ). O protocolo de 10RM também apresentou média de sobrecarga maior do que o de 8RM ( $p = 0,030$ ). O TST12 foi significativamente maior que o de TST8 ( $p < 0,001$ ) e do que o de TST10 ( $p < 0,001$ ). Diferença significativa também foi verificada

para o TST10 comparado ao TST8 ( $p < 0,001$ ). No protocolo experimental foi possível observar que o número de repetições realizadas com o TST médio da amostra representou os mesmos valores de repetições com a SC individual do teste de RM.

Tabela 4 - Resultados da sobrecarga de teste em kg (SC), tempo sob tensão em segundos (TST) e número de repetições realizadas no protocolo experimental para 8, 10 e 12 RM no grupo supino reto (REP)

	Média	DP
SC8	68,86* <sup>#</sup>	5,05
SC10	61,18 <sup>#</sup>	6,88
SC12	53,86	7,45
TST8	14,22* <sup>#</sup>	0,74
TST10	17,18 <sup>#</sup>	0,77
TST12	20,66	1,64
REP8	8,09* <sup>#</sup>	0,94
REP10	10,00 <sup>#</sup>	0,63
REP12	12,09	0,83

DP = Desvio Padrão; \* diferença significativa para 10RM; <sup>#</sup> diferença significativa para 12RM.

A tabela 5 apresenta os resultados do comportamento da variável lactato no exercício supino reto. Todas as médias dos níveis de lactato sanguíneo pós protocolo experimental foram significativamente maiores do que o pré- teste de 8, 10 e 12 RM ( $p < 0,001$ ). A média do LACpós12 foi maior comparada ao LACpós10 ( $p = 0,041$ ) e ao LACpós8 ( $p < 0,001$ ), assim como o LACpós10 foi maior que o LACpós8 ( $p = 0,042$ ).

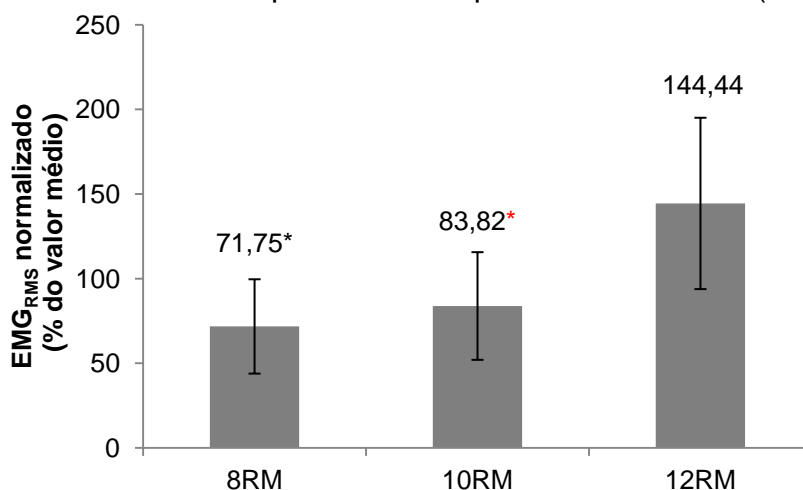
Tabela 5 - Média dos níveis de lactato sanguíneo pré e pós protocolo experimental em mmol/l no exercício supino reto

	Média	DP
LACpré	3,75 <sup>§</sup>	0,24
LACpós8	7,89* <sup>#</sup>	1,88
LACpós10	10,01 <sup>#</sup>	2,07
LACpós12	12,14	2,08

DP = Desvio Padrão; <sup>§</sup> diferença significativa para LACpós 8,10 e 12; \* diferença significativa para LACpós10; <sup>#</sup> diferença significativa para LACpós12.

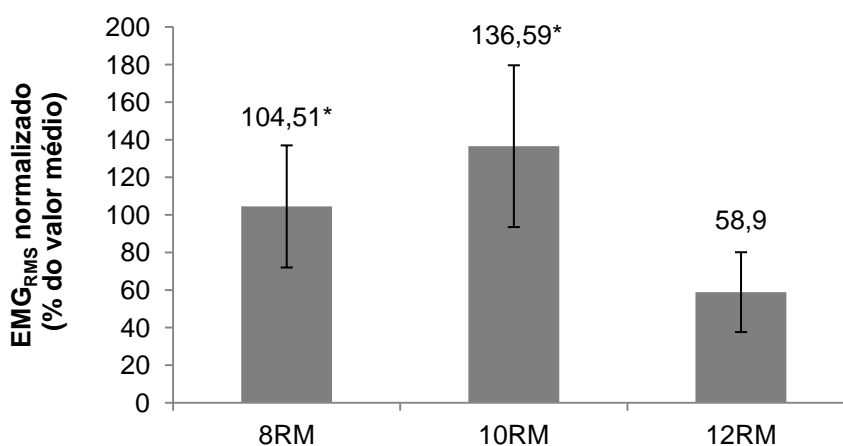
As figuras 15, 16, 17 e 18 apresentam os resultados da atividade eletromiográfica dos músculos peitoral maior clavicular (PC), peitoral maior esternocostal (PE), deltoide anterior (DA) e tríceps braquial (TB), respectivamente. O PE apresentou maior atividade eletromiográfica no protocolo de 12RM comparado com ao de 8RM ( $p < 0,001$ ) e ao de 10RM ( $p = 0,002$ ). No entanto, não se observou diferença entre os protocolos de 8RM e 10 RM. Esta diferença também foi verificada para o músculo PC no protocolo de 12RM comparado com ao de 8RM ( $p = 0,010$ ) e ao de 10RM ( $p < 0,001$ ). Não foram verificadas diferenças significativas para os músculos DA e TB entre os protocolos.

Figura 15 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo peitoral maior parte esternocostal (PE)



\* diferença significativa para 12RM.

Figura 16 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo peitoral maior parte clavicular (PC)



\* diferença significativa para 12RM.

Figura 17 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo deltoide anterior (DA)

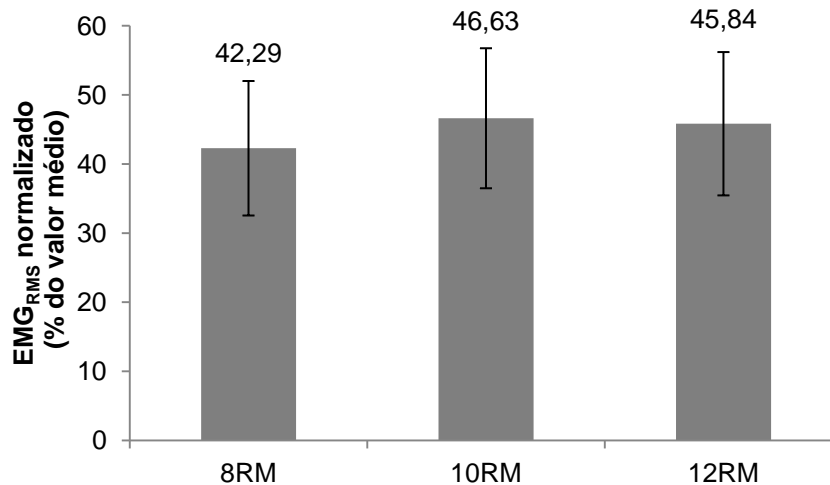
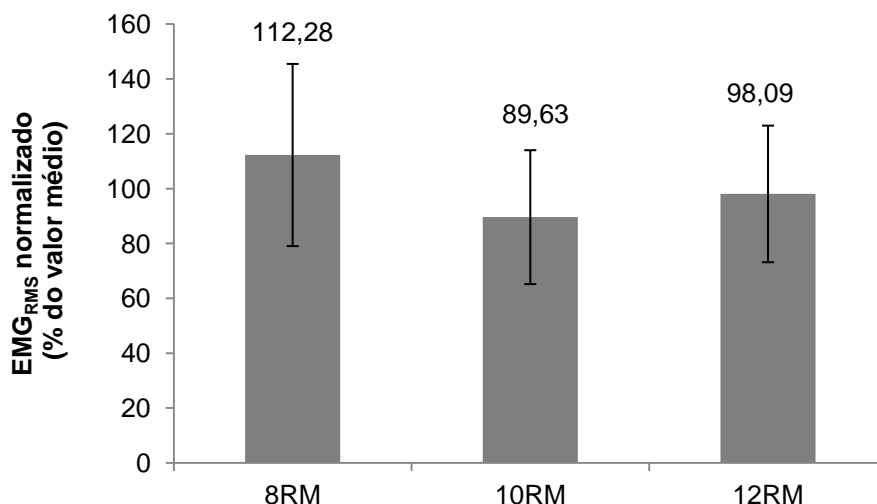


Figura 18 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo tríceps braquial (TB)



#### 4.3 Resultados do objetivo específico 2

ANOVA com medidas repetidas mostrou uma interação entre as variáveis do estudo para o grupo agachamento (Wilk's Lambda = 0,155;  $F = 20,042$ ;  $p < 0,001$ ). A tabela 6 apresenta os dados da sobrecarga de teste, TST e número de repetições realizadas no exercício agachamento. O TST verificado no protocolo de 12RM foi significativamente maior que o de TST de 8RM ( $p < 0,001$ ) e do que o de TST10 ( $p = 0,043$ ). Diferença significativa também foi verificada para o TST10 comparado ao



TST8 ( $p = 0,009$ ). No protocolo experimental para o agachamento, o número de repetições realizadas com o TST médio da amostra representou os mesmos valores de repetições com a sobrecarga individual do teste de RM.

Tabela 6 - Resultados da sobrecarga de teste em kg (SC), tempo sob tensão em segundos (TST) e número de repetições realizadas no protocolo experimental para 8, 10 e 12 RM no agachamento (REP)

	Média	DP
SC8	88,75* <sup>#</sup>	4,45
SC10	78,70 <sup>#</sup>	7,59
SC12	70,6	8,15
TST8	22,33* <sup>#</sup>	1,04
TST10	24,81 <sup>#</sup>	1,09
TST12	27,17	1
REP8	8,20* <sup>#</sup>	1,23
REP10	10,50 <sup>#</sup>	0,85
REP12	11,9	1,1

DP = Desvio Padrão; \* diferença significativa para 10RM; <sup>#</sup> diferença significativa para 12RM.

A tabela 7 apresenta os resultados dos níveis de lactato sanguíneo nos protocolos de 8, 10 e 12RM no exercício agachamento.

Tabela 7 - Média dos níveis de lactato sanguíneo pré e pós protocolo experimental em mmol/l no exercício agachamento

	Média	DP
LACpré	3,73 <sup>§</sup>	0,36
LACpós8	6,89* <sup>#</sup>	1,87
LACpós10	9,69 <sup>#</sup>	2,05
LACpós12	12,78	2,52

DP = Desvio Padrão; <sup>§</sup> diferença significativa para LACpós 8,10 e 12; \* diferença significativa para LACpós10; <sup>#</sup> diferença significativa para LACpós12.

Foram observadas diferenças significativas para todos os níveis de lactato sanguíneo no pós-teste comparado ao repouso e entre os protocolos (8RM<10RM<12RM). Maiores níveis de lactato foram observados no LACpós12 comparado ao LACpós10 ( $p = 0,005$ ) e ao LACpós8 ( $p < 0,001$ ). O protocolo

LACpós10 também apresentou maiores níveis de lactato comparado ao LACpós8 ( $p = 0,012$ ).

As figuras 19, 20, 21 e 22 apresentam os resultados da atividade eletromiográfica para os músculos vasto medial (VM), vasto lateral (VL), reto femoral (RF) e bíceps femoral (BF) nos três protocolos de RM. No protocolo de 10RM foi observado maior registro EMG para o músculo vasto lateral no protocolo de 8RM comparado ao de 12 RM ( $p = 0,005$ ) assim como maior ativação do músculo RF comparado ao protocolo de 12RM ( $p = 0,007$ ). Não foram verificadas diferenças significativas para os músculos VM e BF entre os protocolos.

Figura 19 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo vasto medial (VM)

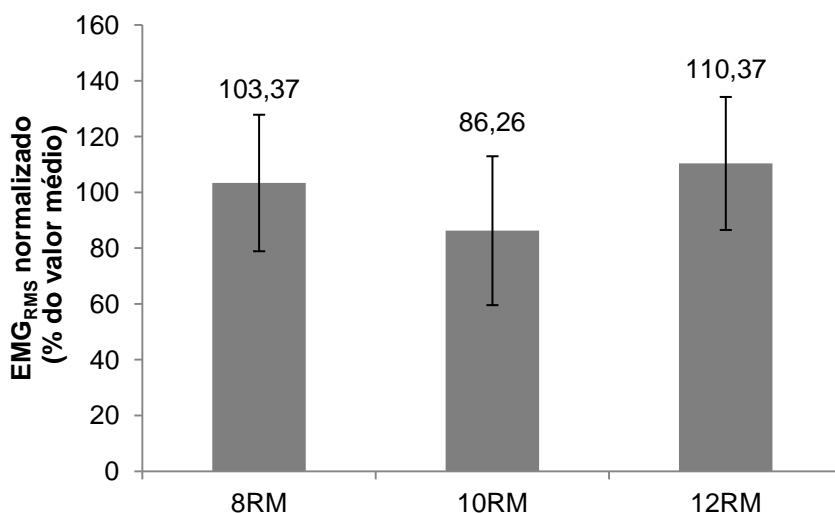
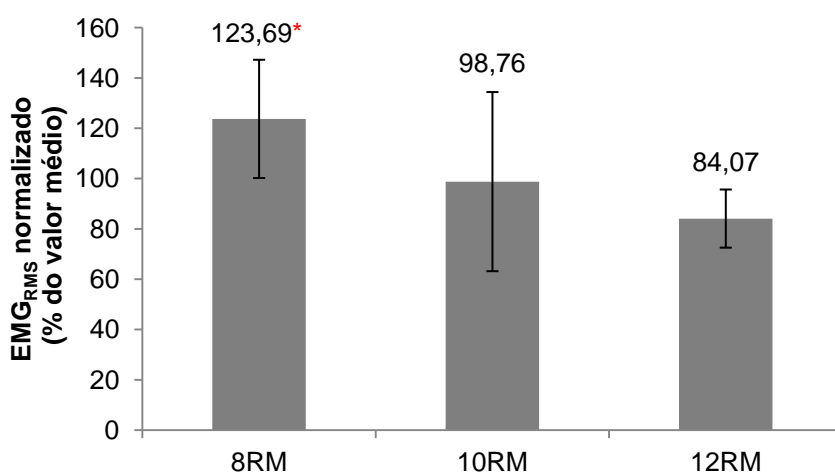
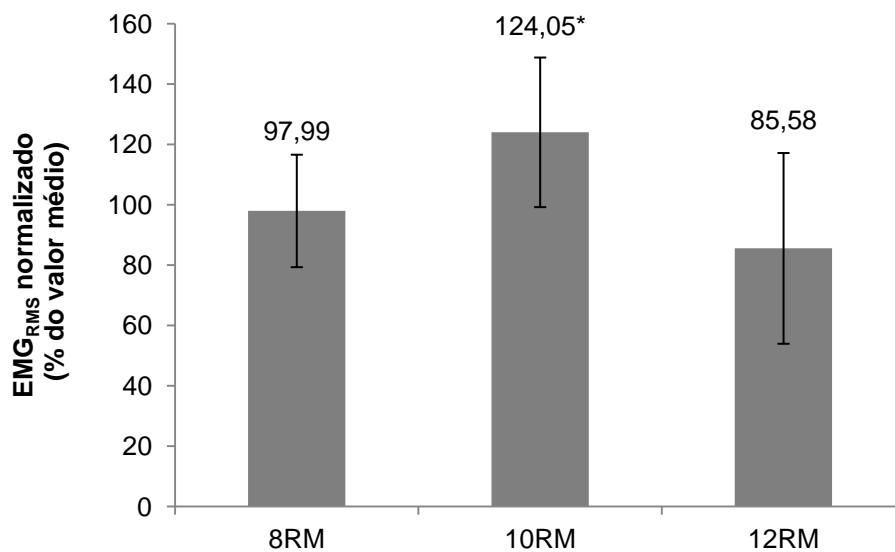


Figura 20 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral (VL)



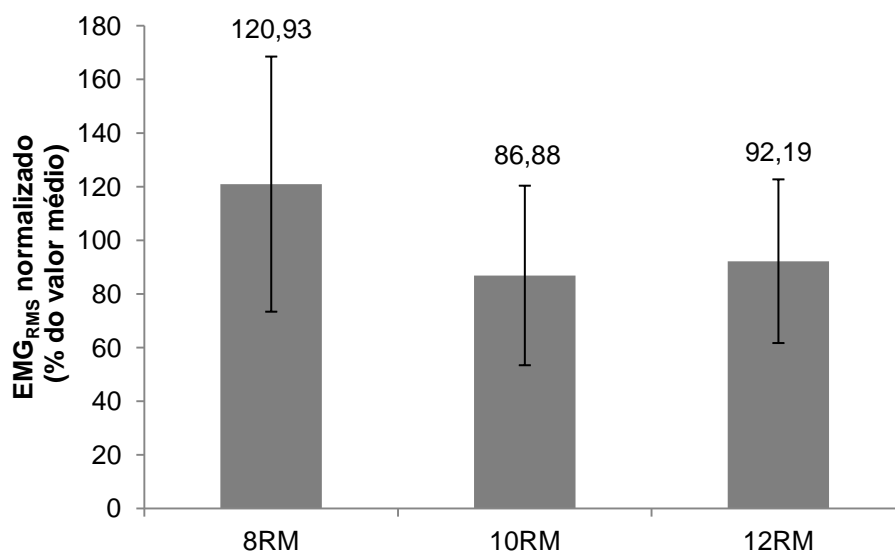
\* diferença significativa para 12RM

Figura 21 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo reto femoral (RF)



\* diferença significativa para 12RM

Figura 22 - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo bíceps femoral (BF)



#### 4.4 Resultados do objetivo geral

A análise das associações entre as variáveis do estudo (SC, TST e EMG) foi realizada através do teste de correlação de Pearson. A tabela 8 apresenta os

resultados dessa associação no exercício supino reto. Foi possível verificar correlação negativa e significativa entre a atividade muscular do PE e SC e entre PC e TST. Isso representa que quando a SC e o TST se elevam há uma diminuição da atividade destes músculos. Correlações positivas e significativas foram verificadas entre PE e o TST e entre PE e LAC. O mesmo aconteceu entre o TST e a SC e LAC. Esses resultados demonstram que quando os valores de uma variável aumentam, por consequência a outra também aumenta.

Tabela 8 - Resultados da correlação entre as variáveis no exercício supino reto

		PE	PC	DC	TRÍC	SC	TST
SC	r	-0,34*	0,26	-0,03	0,07		
	p-valor	0,050	0,148	0,859	0,692		
TST	r	0,59*	-0,44*	0,08	-0,18	-0,52*	
	p-valor	< 0,001	0,010	0,666	0,305	0,002	
LAC	r	0,41*	-0,18	-0,04	-0,31	-0,24	0,66*
	p-valor	0,016	0,304	0,830	0,084	0,173	< 0,001

PE = Peitoral maior parte esternocostal; PC = peitoral maior parte clavicular; DC = deltoide clavicular; TB = Tríceps braquial; SC = sobrecarga; TST = tempo sob tensão; LAC = lactato; \*p < 0,05.

Os dados da correlação entre as variáveis estudadas no exercício agachamento são apresentadas na tabela 9. O músculo VL apresentou correlação negativa e significativa com o TST e com o LAC. Correlação negativa e significativa também foi verificada entre a SC e TST. Esse resultado sugere que, para este exercício, à medida que a SC diminui o TST aumenta. No entanto, foi observada correlação positiva e significativa entre o TST e LAC. Isso demonstra que, quando o TST aumenta, os níveis de lactato também aumentam.

Tabela 9 - Resultados da correlação entre as variáveis no exercício agachamento

		VM	RF	VL	BF	SC	TST
SC	r	-0,07	0,16	0,30	0,18		
	p-valor	0,705	0,393	0,112	0,343		
TST	r	0,31	-0,15	-0,49*	-0,24	-0,43*	
	p-valor	0,098	0,433	0,005	0,207	0,018	
LAC	r	0,06	0,08	-0,42*	-0,18	-0,32	0,74*
	p-valor	0,765	0,657	0,018	0,349	0,082	< 0,001

VM = Vasto medial; RF= Reto femoral; VL = Vasto lateral; BF = Bíceps femoral; SC = sobrecarga; TST = tempo sob tensão; LAC = lactato; \*p< 0,05.

## 5 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que o tempo sob tensão (TST) de 12RM foi significativamente maior que o de 8RM e que o de 10RM, assim como este último foi maior que o de 8RM. As respostas de lactato (LAC) também acompanharam este fenômeno com a mesma relação entre os protocolos. Na medida em que o número de repetições aumentou, o TST também aumentou por consequência, visto que os protocolos de 8, 10 e 12RM foram realizados na maior velocidade possível. Assim, maiores níveis sanguíneos de lactato foram encontrados no TST mais longo (12>10>8). Esses resultados confirmam o pressuposto de que o volume de treinamento é importante agente causador de estresse metabólico (SCHOENFELD, 2013; HENSELMANS; SCHOENFELD, 2014; FINK *et al.*, 2016).

A atividade EMG dos músculos do peitoral maior clavicular (PC) e esternocostal (PE) apresentaram diferença significativa para 12RM comparado ao protocolo de 8 e 10RM. Esses resultados estão de acordo com os verificados por Lacerda *et al.* (2016). No entanto, os músculos deltoide (DC) e tríceps (TB) não apresentaram diferença na resposta EMG. No exercício agachamento, foi verificada uma redução significativa da ativação do reto femoral para os protocolos de 10 e 12 RM, assim como na ativação do vasto lateral para os protocolos de 8 e 12 RM, corroborando com os achados por Tran, Docherty e Behm (2006). O presente estudo também apresentou associações negativas entre a atividade muscular do PE e SC e entre PC e TST e associações positiva entre PE com TST e LAC e entre o TST com SC e LAC. No exercício agachamento, o músculo VL apresentou correlação negativa com o TST e com o LAC, entre a SC e TST e correlação positiva entre o TST e LAC.

Diferentes velocidades de execução podem gerar mudanças na mensuração de intensidade e nos resultados. Keller *et al.* (2001) observaram um aumento nos ganhos agudos na produção de força em 8 e 12 repetições realizadas com o TST total em 48 e 72s, respectivamente, sendo 2s na fase concêntrica (FC) e 4s na fase excêntrica (FE) quando comparado com a velocidade superlenta, com o TST total de 120 e 160s, respectivamente, sendo 10s na FC e 5s na FE, em mulheres sedentárias no supino horizontal. Tais resultados se contrapõem aos achados do presente estudo, que verificou um TST menor para homens fisicamente ativos para

8 e 12 RM no supino reto. Os resultados diferentes do TST se explicam pelo fato de que os protocolos realizados foram executados em velocidades diferentes, pois Keller *et al.* (2001) usaram cadências controladas e o presente estudo usou velocidade máxima. Os ganhos de força e hipertrofia podem também ser explicados pelo fato de Keller *et al.* (2001) terem usado mulheres sedentárias na amostra e este protocolo utilizar homens, além de ter sido realizado de forma longitudinal.

Santiago *et al.* (2012) verificaram o TST no exercício *leg press* e encontraram um TST para 10RM de  $25,7 \pm 6$ s em mulheres treinadas. Esse resultado apresentou similaridades com ao TST encontrado no presente estudo, que utilizou o exercício agachamento em homens ativos. Apesar de serem distintos, os exercícios se assemelham nos movimentos articulares, sugerindo padrão nos TST encontrados. No entanto, o TST verificado no exercício supino reto comparado ao TST do exercício agachamento se diferem.

Haua *et al.* (2014) verificaram o TST de  $18,67 \pm 2,05$ s para 10RM no exercício remada aberta em 18 homens experientes em TF também divergindo com os achados pelo presente estudo. Esses resultados sugerem que o TST verificado pode variar tanto por conta do número de repetições realizadas em um mesmo exercício, como também pelo tipo de exercícios. O tamanho do segmento corporal pode influenciar no deslocamento e, por consequência, na velocidade e no TST na execução do exercício (SILVA *et al.*, 2016). Dessa forma, este resultado ressalta a necessidade de se verificar o TST para cada exercício e para cada grupo muscular.

No entanto, a velocidade de execução pode influenciar os resultados do treinamento. Lamas *et al.* (2007) verificaram as respostas do TF comparado ao treinamento de potência (TP), ambos feitos na maior velocidade possível. O grupo de TF realizou agachamento com cargas entre 60 e 95% de 1RM, enquanto o grupo de TP realizou agachamento com cargas entre 30 e 60% de 1RM. Ambos os protocolos foram realizados na maior velocidade possível. Apesar de não verificar o TST diretamente e ao considerar que a intensidade da carga empregada no TP permite alcançar velocidades mais elevadas, observaram que o TP obteve um menor TST quando comparado ao TF. Contudo, não foi observada diferença significativa no aumento de força máxima e hipertrofia entre os protocolos. Tais resultados sugerem que o grau de tensão muscular em que o grupo muscular está sendo submetido no momento da frenagem do movimento é bastante elevado a ponto de estimular hipertrofia muscular com o TP.

A magnitude das respostas hormonais ao exercício de força pode ser determinada pela manipulação aguda das variáveis. Estes resultados são proporcionais à intensidade do programa de treinamento (EKLUND *et al.*, 2016). Ao considerar que altos níveis de lactato sugerem intenso trabalho metabólico e, por consequência, hormonal (TANIMOTO; ISHII, 2006), os resultados do presente estudo não corroboram os achados por Lamas *et al.* (2007). Maiores níveis de lactato sanguíneo foram verificados na presente investigação à medida que o TST aumentava e SC diminuía. No entanto, o presente estudo utilizou intensidades máximas enquanto o estudo realizado pelos autores citados usou sobrecargas submáximas.

Estes resultados reforçam a ideia de que o aumento do volume de treinamento pelo TST promove maior estresse metabólico em intensidades de carga equiparadas. Martins-Costa *et al.* (2016) analisaram o efeito de diferentes TST nas respostas do lactato sanguíneo no exercício de supino. Quinze voluntários do sexo masculino treinados de forma recreativa completaram dois protocolos de treinamento consistido em 3 *sets* de 6 repetições, com 3 minutos de intervalo entre elas, a 60% de 1RM. Um dos protocolos foi realizado na cadência 2/2s, enquanto que o segundo protocolo teve cadência 2/4s. Os resultados mostraram maiores níveis de lactato no protocolo com maior TST. Esses resultados estão em conformidade com os achados pelo presente estudo, que verificou maiores concentrações sanguíneas de lactato no TST mais elevado ( $p < 0,001$ ).

Gentil, Oliveira e Bottaro (2006) realizaram um estudo com indivíduos treinados verificando o efeito de quatro cadências de execução do TF usando a mesma sobrecarga no exercício cadeira extensora. No método com o protocolo tradicional de 10RM, na cadência de 2s para a fase concêntrica e 2s para a fase excêntrica, verificaram o TST total de  $42,08 \pm 3,18$ s e concentrações de lactato de 4,5 mmol. Os resultados se contrapõem com o presente estudo, que verificou TST menor para o exercício agachamento nessa faixa de repetições e concentrações maiores de lactato. Os autores também verificaram que as velocidades de execução diferentes dos protocolos modificam o número de repetições realizadas, interferindo diretamente com o TST, com a manutenção do número de repetições e consequentemente com os resultados obtidos. No entanto, diferentemente do presente estudo, Gentil, Oliveira e Bottaro (2006) não encontraram diferenças significativas na concentração sanguínea de lactato nos diferentes TST. Os



resultados distintos podem ser explicados, pois, os autores citados usaram indivíduos treinados, velocidade cadenciada e exercício cadeira extensora.

Tanimoto e Ishii (2006) mensuraram o efeito agudo de diferentes TST na concentração sanguínea de lactato em múltiplas séries, manipulando as durações da repetição em 7s (com intensidade de 50% de 1RM) e 3s (com intensidade de 80% de 1RM). Os autores verificaram que a concentração de lactato sanguíneo teve aumento significativamente maior no protocolo com maior duração da repetição, assim, o maior TST alterou a concentração de lactato em função da manipulação da duração da repetição. Esses resultados vão ao encontro dos achados do presente estudo, que verificou maiores concentrações de lactato à medida que o TST aumentou. Estes resultados viabilizam a suposição que, mesmo em situações de menor intensidade (em % de 1RM), uma maior redução na disponibilidade de oxigênio na musculatura ocasionada pelo maior volume poderia contribuir para uma maior utilização das vias anaeróbicas lácticas, resultando em maior concentração de lactato sanguíneo (BARCELOS *et al.*, 2015).

Headley *et al.* (2011) avaliaram 17 homens treinados que realizaram o teste de 1RM na cadência 2/2s e 2/4s no exercício supino reto. Com a carga estabelecida, os sujeitos realizaram quatro séries do exercício com um minuto de intervalo entre elas. A primeira série consistiu de 4 repetições a 55% de 1RM, a segunda de 5 repetições a 60% de 1RM e a terceira e quarta de 6 repetições a 65% e 7 repetições a 75% de 1RM, respectivamente. Amostras de sangue foram coletadas de 30 a 60 segundos aproximadamente após o exercício para verificação do estresse metabólico. Os autores não verificaram diferença significativa nas respostas de lactato sanguíneo entre os protocolos, divergindo dos resultados encontrados pelo presente estudo. No entanto, no estudo de Headley *et al.* (2011), as cargas de 1RM para 2/2s foram significativamente maiores que a de 2/4s, o que pode ter equiparado a relação TST/intensidade de carga nas séries. Em adicional, os resultados distintos também podem ser explicados pelo fato do estudo citado ter utilizado cargas relativizadas em 1RM e quatro séries, enquanto o presente estudo usou cargas absolutas de RM e uma única série.

Lacerda *et al.* (2016) compararam os níveis sanguíneos de lactato e a resposta eletromiográfica de músculos envolvidos no exercício supino reto (peitoral maior, deltoide anterior e tríceps braquial) em dois protocolos de treinamento, ambos com intervalo entre as séries de 3min e intensidade relativa de 60% de 1RM. Um

protocolo consistiu na realização de 3 séries de 12 repetições a uma duração da repetição de 3s, enquanto que o outro protocolo consistiu na execução de 3 séries de 6 repetições, com duração da repetição de 6s. Nos dois protocolos, os participantes mantiveram a execução do exercício com um TST equiparado em 108 segundos. Os autores verificaram maiores concentrações de lactato sanguíneo no protocolo com o maior número de repetições. Estes resultados encontrados por Lacerda *et al.* (2016) atendem o pressuposto de que o trabalho mecânico das contrações também é importante para as adaptações musculares (HEADLEY *et al.*, 2011).

A atividade EMG também serviu de instrumento de análise para Lacerda *et al.* (2016) verificar a influência do TST como variável do treinamento. Os autores observaram que o protocolo com maior número de repetições e menor duração da repetição produziu uma maior amplitude do sinal eletromiográfico em todos os músculos avaliados no decorrer das três séries do exercício supino reto ( $p < 0,05$ ). No entanto, no presente estudo só foram verificadas diferenças significativas nos músculos do peitoral maior no exercício supino reto à medida que o número de repetições aumentava. Contudo, diferentemente dos resultados verificados por Lacerda *et al.* (2016), a ativação do peitoral maior parte clavicular diminuiu.

Martins-Costa *et al.* (2016) verificaram aumento da ativação muscular (RMS normalizado) para o peitoral maior ( $p < 0,001$ ) e tríceps braquial ( $p < 0,004$ ) no protocolo com repetições com 6s comparado a 4s divergindo dos achados pelo presente estudo que não verificou a mesma situação para o tríceps braquial. Os resultados distintos dos três estudos podem ser explicados pelo fato do presente estudo ter utilizado cargas máximas, sugerindo que esta porção do peitoral maior, por ser de volume menor, pode ter sofrido fadiga. Esta hipótese pode ser sustentada pelo fato do peitoral maior parte esternocostal ter aumentado sua ativação, muito provavelmente para suprir a maior demanda. Outra justificativa para os resultados distintos pode estar no fato do presente estudo ter utilizados homens fisicamente ativos e os outros indivíduos treinados.

Tran, Docherty e Behm (2006) avaliaram a fadiga em três protocolos de TF manipulando TST, volume de carga e cadência no exercício de flexão de cotovelos em 18 homens universitários praticantes de TF há no mínimo um ano. O protocolo A consistiu na realização do exercício com cadência de 5/2s. O protocolo B envolveu o mesmo volume de carga (número de repetições x sobrecarga) do protocolo A, mas

com cadência 2/2s. O protocolo C foi equiparado ao protocolo A para a TST, mas com cadência 10/4 e volume de carga menor. Ambos os protocolos foram realizados com 90% da carga para 10RM. A fadiga foi avaliada por alterações na contração isométrica voluntária (MVIC), através da técnica de interpolação de pulso elétrico (*Twitch Interpolation* – TIP) e características da contração muscular (pico de contração muscular, tempo do pico de contração muscular, taxas médias de desenvolvimento de força e relaxamento de contração). Uma diminuição significativa foi detectada para o desenvolvimento da força isométrica dos valores pré e pós-protocolo ( $p < 0,05$ ). Todos os protocolos resultaram em diminuição no pico de saída da força isométrica dos valores pré e pós-protocolo ( $p < 0,05$ ). A produção de força seguindo o protocolo A, que envolveu grande volume de carga e alto TST, diminuiu 19,2%, que foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) do que a redução dos níveis de força observados no protocolo B (TST reduzido). O protocolo C, com uma carga de volume menor, resultou em uma redução de 15,0N na força, mas não foi significativamente diferente do protocolo A ou B. Esses resultados se aproximam dos achados pelo presente estudo que verificou uma redução na atividade muscular do vasto lateral e de reto femoral no exercício agachamento em maiores TST. Esse parâmetro muscular associado aos níveis elevados de lactato sugere hipoteticamente estado de fadiga.

Sampson, Donohoe e Groeller (2014) avaliaram 12 homens treinados que com a carga pré-estipulada de 6RM realizaram o exercício de flexão de cotovelo em três protocolos: a) cadência 2/2s (controle); b) máxima aceleração na fase concêntrica e 2s na fase excêntrica; c) máxima aceleração na fase concêntrica e excêntrica. Foram verificados o número de repetições realizadas e a atividade eletromiográfica. Apesar de não ter sido verificada diferença no número de repetições, o TST apresentou redução de 40% e 30%, respectivamente, para o protocolo B e C, comparado ao controle. No entanto, maior ativação foi verificada no músculo bíceps braquial no protocolo de maior TST ( $p < 0,05$ ). Estes resultados corroboram com os verificados pelo presente estudo, que observou dados similares. No entanto, os achados de Sampson, Donohoe e Groeller (2014) sugerem que a transição das fases excêntrica para concêntrica em máxima velocidade estimularia a ação do ciclo alongamento encurtamento (CAE), evidenciando assim que este seria o responsável pela maior ativação muscular por transformar a energia elástica em mecânica (SUCHOMEL; SOLE; STONE, 2016).

Tanto o volume quanto a intensidade de treinamento compõem o princípio do treinamento conhecido como princípio da sobrecarga (FLECK; KRAEMER, 2014). Essas variáveis se apresentam em uma relação de interdependência, de forma que elas são inversas (CHURCH *et al.*, 2016). Esse pressuposto se confirma com os achados do presente estudo que verificou uma associação negativa entre SC e TST nos dois exercícios. Desta forma, é possível salientar o TST como uma variável importante de controle da intensidade (LACERDA *et al.*, 2016).

Partindo do mesmo princípio, verificou-se uma correlação positiva entre TST e LAC no presente estudo. Isso aponta que quanto maior o volume de treino, maior a utilização do sistema de fornecimento de energia através da via glicólise láctica (EKLUND *et al.*, 2016). Os mesmos resultados foram encontrados nos estudos de Lacerda *et al.* (2016) e Tanimoto e Ishii (2006).

No entanto, no presente estudo, não foram verificadas correlações entre SC e LAC. Entretanto, vale salientar que todos os protocolos foram realizados com cargas máximas, sendo, assim, este resultado esperado. Desta forma, em treinos com carga máxima, a variável volume parece ter maior influência nas respostas musculares (LANTIS *et al.*, 2017).

No exercício supino reto, foi possível observar uma associação positiva entre a atividade muscular do PE com o TST e com o lactato. No entanto, uma correlação negativa foi verificada entre este músculo e a SC. Esses resultados são capazes de informar que o trabalho desse músculo aumentou à medida que o TST também aumentou. Assim, em grandes volumes, este músculo parece contribuir mais para a execução do exercício. Contudo, divergindo desses resultados, o PC demonstrou uma associação negativa com o TST. Sendo assim, o estudo sugere que em intensidades maiores, mas em volumes menores, esta porção do músculo peitoral maior estaria em maior ativação.

Este fenômeno se repetiu para o músculo VL no exercício agachamento, que apresentou correlação negativa com TST. Esses dados podem ser explicados pela mudança de padrão de movimento, pois, à medida que a falha concêntrica se aproxima, um valgo dinâmico é observado, podendo, desta forma, alterar a atividade deste músculo (McMILLIAN; RYNDERS; TRUDEAU, 2016).

## CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos no presente estudo foi possível confirmar parcialmente a hipótese substantiva, pois, associações entre o TST e LAC foram verificadas. No entanto, o registro da atividade eletromiográfica no exercício supino reto não seguiu este padrão para todos os músculos. Apenas o peitoral maior parte esternocostal apresentou correlação positiva com TST e LAC e o peitoral clavicular que apresentou uma correlação negativa com o TST. No exercício agachamento, só foi observada uma correlação negativa entre VL e TST.

A hipótese para o primeiro objetivo específico foi parcialmente aceita. Diferenças significativas foram verificadas entre as variáveis TST e LAC para todos os protocolos em ordem crescente ao número de repetições. Entretanto, só foi verificada diferença significativa no EMG para PE e PC. Os músculos TB e DA não apresentaram diferença significativa.

A hipótese para o segundo objetivo específico também foi parcialmente aceita. Diferenças significativas foram verificadas entre as variáveis TST e LAC para todos os protocolos em ordem crescente ao número de repetições. Porém, só foi verificada diferença significativa no EMG para VL e RF. Os músculos VM e BF não apresentaram diferença significativa.

Assim, com os resultados obtidos no presente estudo, o TST para as execuções de 8, 10 e 12RM puderam ser descritas. A resposta muscular (EMG e LAC) equivalente a ele também pode ser descrita, incitando, desta forma, algumas aplicabilidades práticas baseadas nestas evidências.

O número de repetições realizadas no protocolo experimental com o TST médio da amostra refletiu a faixa de RM desejada. Sendo assim, o TST verificado parece refletir a realidade do esforço máximo quando realizado com cargas máximas. Deste modo, realizar os exercícios supino reto e agachamento no TST verificado pelo presente estudo parece induzir aos mesmos resultados que a realização de 8, 10 e 12 repetições em indivíduos fisicamente ativos.

No entanto, no exercício supino reto, em intensidades altas e baixo TST, a porção esternocostal do peitoral maior parece estar mais ativa. Em intensidades baixas e TST alto, a porção clavicular do peitoral maior indica maior trabalho muscular nesse exercício, pois, sua ativação aumentou juntamente com o TST. A

mesma relação foi observada no vasto lateral no exercício agachamento. Sendo assim, ao enfatizar o trabalho destes músculos, para contemplar distintos objetivos, esses pressupostos podem ser utilizados ao prescrever esses exercícios.

Desta maneira, o TST aparece como estratégia para o controle da relação volume/intensidade no exercício. Além disso, a prescrição nas faixas de repetição dos exercícios propostos pelo estudo pode ser realizada baseada também no TST. Assim, resultados do treinamento também podem ser avaliados e reavaliados levando em conta esta variável de forma que ganhos de força podem ser relacionados à diminuição do TST ou aumento do número de repetições em um mesmo TST nestes exercícios.

Como diferenças significativas foram verificadas entre as variáveis TST, SC e LAC para todos os protocolos em ordem crescente ao número de repetições e nos dois exercícios é possível salientar que trabalhos musculares distintos são ocasionados nesses TST. Isso ressalta a importância da análise desta variável na prescrição dos exercícios do treinamento de força.

Esses resultados demonstram a capacidade que uma variável tem de influenciar a outra. Sendo assim, em programas de treinamento de força, a interdependência entre TST e SC e entre TST e LAC pode ser usada como parâmetro para prescrição. De maneira que, caso o objetivo do treino seja maiores estresses metabólicos, TST de maiores volumes devem ser prescritos. Em contra partida, altas intensidades de SC devem ser acompanhadas de baixos TST.

De acordo com os resultados encontrados no presente estudo, para acrescentar informações à comunidade científica e ao cotidiano dos profissionais da área, sugerem-se novos estudos que investiguem a relação do TST com as respostas musculares em diferentes situações. Como por exemplo, a utilização de população com características diferentes às apresentadas pelo presente estudo, que pode resultar em resultados distintos aos encontrados nesta investigação.

O nível de treinamento e o gênero do participante parecem ter influência direta nas sobrecargas obtidas nos testes de RM. Ao considerar os resultados do presente estudo, que demonstrou uma associação entre a SC e o TST e, por sua vez, entre o TST e os níveis de lactato, novos estudos envolvendo a inclusão de indivíduos treinados e do gênero feminino, são recomendados para suprir essa lacuna do conhecimento.

Estudos que utilizem diferentes instrumentações para avaliação do trabalho muscular também são sugeridos. Outros marcadores bioquímicos como a lactato desidrogenase (LDH) e a Creatina Quinase (CK) poderiam reforçar as respostas do estresse metabólico dos diferentes protocolos utilizados pelo presente estudo.

Recomendam-se ainda investigações que analisem as respostas do presente estudo de forma crônica e em mais de uma série. Em adição, como os exercícios de força apresentam execuções com diferentes distâncias angulares e lineares, o TST pode ser distinto aos verificados no supino reto e no agachamento. Assim, há a necessidade da verificação desta variável importante no maior número de exercícios possíveis.

## REFERÊNCIAS

- AAGAARD, P.; SIMONSEN, E. B.; ANDERSEN, J. L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 93, n. 4, p. 1318-1326, 2002.
- AMADIO, A. C. Metodologia biomecânica para o estudo das forças internas ao aparelho locomotor: importância e aplicações no movimento humano. In: AMADIO, A. C.; BARBANTI, V. J. (Org.). **A biodinâmica do movimento humano e suas relações interdisciplinares**. São Paulo: Estação Liberdade, 2000. p. 45-70.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. Lippincott Williams & Wilkins, 2013.
- ANTUNES NETO, J. M. F. Concentração sanguínea de lactato e dor muscular tardia: Estratégia de aula prática para o ensino integrado dos eventos metabólicos. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 6, n. 33, p. 217-226, 2012.
- ARABADZHIEV, T. I.; DIMITROV, V. G.; DIMITROVA, N. A.; DIMITROV, G. V. Interpretation of EMG integral or RMS and estimates of “neuromuscular efficiency” can be misleading in fatiguing contraction. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 20, n. 2, p. 223-232, 2010.
- AZIZBEIGI, K.; AZARBAYJANI, M. A.; ATASHAK, S.; STANNARD, S. R. Effect of moderate and high resistance training intensity on indices of inflammatory and oxidative stress. **Research in Sports Medicine**, v. 23, n. 1, p. 73-87, 2015.
- BADILLO, J. J. G.; AYESTARÁN, E. G. **Fundamentos do treinamento de força: aplicação ao alto rendimento desportivo**. Rio de Janeiro: Artmed, 2001.
- BALDARI, C.; BONAVOLONTÀ, V.; EMERENZIANI, G. P.; GALLOTTA, M. C.; SILVA, A. J.; GUIDETTI, L. Accuracy, reliability, linearity of Accutrend and Lactate Pro versus EBIO plus analyzer. **European Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 1, p. 105-111, 2009.
- BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; TEJERO-GONZÁLEZ, C.M.; CAMPO-VECINO, J.; BAVARESCO, N. The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, p. 528-533, 2014.
- BARCELOS, L. C., NUNES, P. R. P., DE SOUZA, L. R. M. F., DE OLIVEIRA, A. A., FURLANETTO, R., MAROCOLO, M., e ORSATTI, F. L. Low-load resistance training promotes muscular adaptation regardless of vascular occlusion, load, or volume. **European Journal of Applied Physiology**, v.115, n. 7, p. 1559-1568, 2015.
- BARRETO, A. C. L. G.; RIBEIRO, L. G. Determinação do tamanho amostral. **Fitness & Performance Journal**, v. 3, n. 3, p. 124, 2004.



BARROS, C. L. M. *et al.* Limiar de lactato em exercício resistido. **Motriz**, Rio Claro, v. 10, n. 1, p.31-36, 2004.

BAUDE, M.; HUTIN, E.; GRACIES, J. M. A bidimensional system of facial movement analysis conception and reliability in adults. **BioMed Research International**, p.812-961, 2015.

BECKER, S.; FRÖHLICH, M.; KELM, J.; LUDWIG, O. Change of muscle activity as well as kinematic and kinetic parameters during headers after core muscle fatigue. **Sports**, v. 5, n. 1, p. 10-17, 2017.

BIRD, S. P.; TARPENNING, K. M.; MARINO, F. E. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. **Sports Medicine**, v. 35, n. 10, p. 841-851, 2005.

BOTTARO, M. *et al.* Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 99, n. 3, p. 257-264, 2007.

BURD, N. A.; ANDREWS, R.J.; WEST, D. W.; LITTLE, J. P.; COCHRAN, A. J.; HECTOR, A. J. *et al.* Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. **The Journal of Physiology**, v. 590, n. 2, p. 351-362, 2012.

BURDEN, A.; BARTLETT, R. Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. **Medical Engineering & Physics**, v. 21, p. 247- 257, 1999.

CARPINELLI, R. N.; OTTO, R. M. Strength training: single set versus multiple sets. **Sports Medicine**, v. 26, p. 73-84, 1998.

CARVALHO, T.; NÓBREGA, A. C. L.; LAZZOLI, J. K.; MAGNI, J. R. T.; REZENDE, L.; DRUMMOND, F. A.; TEIXEIRA, J. A. C. **Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte. Atividade Física e Saúde. Projeto Diretrizes**. Associação Médica Brasileira e Conselho Federal de Medicina, 2001.

CZELL, D.; GOLDMAN, B.; WEBER, M. Distribution of fasciculations in healthy adults after exercise: an ultrasound study. **Muscle & Nerve**, v. 54, n. 1, p. 132-135, 2016.

CHURCH, D. D. *et al.* Comparison of high-intensity vs. high-volume resistance training on the BDNF response to exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 121, n. 1, p. 123-128, 2016.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE (Brasil). Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 12, p. 59, jun. 2013.

CRAM, J. R.; KASMAN, G. S. **Introduction to Surface electromyography**. ASPEM: Gaithersburg, 1998.

CRISWELL, E. **Cram's introduction to surface electromyography**. Jones & Bartlett Publishers, 2010.

DE LUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 13, p. 135-163, 1997.

DE LUCA, C. J.; HOSTAGE, E. C. Relationship between firing rate and recruitment threshold of motoneurons in voluntary isometric contractions. **Journal of Neurophysiology**, v. 104, n. 2, p. 1034-1046, 2010.

DIMITROV, G. V.; ARABADZHIEV, T. I.; MILEVA, K. N.; BOWTELL, J. L.; CRICHTON, N.; DIMITROVA, N. A. Muscle fatigue during dynamic contractions assessed by new spectral indices. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, n. 38, n. 11, p. 1971-1979, 2006.

EARP, J. E.; NEWTON, R. U.; CORMIE, P.; BLAZEVIČH, A. J. Inhomogeneous quadriceps femoris hypertrophy in response to strength and power training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 47, p. 2389-2397, 2015.

EKLUND, D.; SCHUMANN, M.; KRAEMER, W. J.; IZQUIERDO, M.; TAIPALE, R. S.; HÄKKINEN, K. Acute endocrine and force responses and long-term adaptations to same-session combined strength and endurance training in women. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 1, p. 164-175, 2016.

ESCAMILLA, R. F.; FRANCISCO, A. V.; KAYES, K. P.; SPEER; MOORMAN. C. T. An electromyographic analysis of sumo and conventional style deadlifts. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 4, p. 682-688, 2002.

FEIEREISEN, P.; VAILLANT, M.; EISCHEN, D.; DELAGARDELLE, C. Isokinetic versus one-repetition maximum strength assessment in chronic heart failure. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 12, p. 2156-2163, 2010.

FENN, W. O.; MARSH, B. S. Muscular force at different speeds of shortening. **The Journal of Physiology**, v. 85, n. 3, p. 277, 1935.

FINK, J.; KIKUCHI, N.; NAKAZATO, K. Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, 2016.

FITTS, R. H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. **Physiology Reviews**, v. 74, p. 49-94, 1994.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. **Designing Resistance Training Programs**, 4. ed. Human Kinetics, 2014.

FLECK, S.; SIMÃO, R. **Força**: princípios metodológicos do treinamento. São Paulo: Phorte, 2008.

GEHLERT, S.; SUHR, F.; GUTSCHE, K.; WILLKOMM, L.; KERN, J.; JACK, O.; KNICKER, A.; SCHIFFER, T.; WACKERHAGE, H.; BLOCH, W. High force development augments skeletal muscle signalling in resistance exercise modes equalized for time under tension. **European Journal of Physiology**, v. 467, n. 6, p. 1343-1356, 2015.

GENTIL, P.; FISHER, J.; STEELE, J.; ARRUDA, A. Dose-response of 1, 3, and 5 sets of resistance exercise on strength, local muscular endurance, and hypertrophy. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 1, p. e5-e7, 2017.

GENTIL, P.; OLIVEIRA, E.; BOTTARO, M. Time under tension and blood lactate response during four different resistance training methods. **Journal of Physiological Anthropology**, v. 25, n. 5, p. 339-344, 2006.

GLENN, T. C.; MARTIN, N. A.; MCARTHUR, D. L.; HOVDA, D. A.; VESPA, P.; JOHNSON, M. L.; BROOKS, G. A. Endogenous nutritive support after traumatic brain injury: peripheral lactate production for glucose supply via gluconeogenesis. **Journal of Neurotrauma**, v. 32, n. 11, p. 811-819, 2015.

GONZALEZ, A. M. Acute anabolic response and muscular adaptation following hypertrophy-style and strength-style resistance exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 10, p. 2959-2964, 2016.

HASS, C. J.; GARZARELLA, L.; HOYOS, D.; POLLOCK, M. L. Single versus multiple sets in long-term recreational weightlifters. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, p. 235-242, 2000.

HAUA, R. *et al.* Efeito da facilitação neuromuscular proprioceptiva-3S nos antagonistas sobre a determinação da carga no teste de 10RM. **Revista de Atenção à Saúde**, v. 11, n. 38, p. 1-7, 2014.

Haeufle, D. F. B.; Günther, M.; Bayer, A.; Schmitt, S. Hill-type muscle model with serial damping and eccentric force–velocity relation. **Journal of biomechanics**, v. 47, n. 6, p. 1531-1536, 2014.

HEADLEY, S. A.; HENRY, K.; NINDL, B. C.; THOMPSON, B. A.; KRAEMER, W. J.; JONES, M. T. Effects of lifting tempo on one repetition maximum and hormonal responses to a bench press protocol. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 2, p. 406-413, 2011.

HENSELMANS, M.; SCHOENFELD, B. J. The effect of inter-set rest intervals on resistance exercise-induced muscle hypertrophy. **Sports Medicine**, v. 44, n. 12, p. 1635-1643, 2014.

HENWOOD, Tim. From Community to Aged Care: The Role of Resistance Training in Health and Wellness. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 24, p. S58-S58, 2016.

HILL, A. V. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 126, n. 843, p. 136-195, 1938.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.

JENKINS, N. D.; HOUSH, T. J.; BERGSTROM, H. C.; COCHRANE, K. C.; HILL, E. C.; SMITH, C. M. *et al.* Basic reporting and interpretation of surface EMG amplitude and mean power frequency: a reply to Vitgotsky, Ogborn, and Phillips. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 3, p. 659-661, 2016.

JUEL, C.; KLARSKOV, C.; NIELSEN, J. J.; KRUSTRUP, P.; MOHR, M.; BANGSBO, J. Effect of high-intensity intermittent training on lactate and H<sup>+</sup> release from human skeletal muscle. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, v. 286, n. 2, p. 245-251, 2004.

KALMAR, J. M.; CAFARELLI, E. Central Excitability does not limit post fatigue voluntary activation of quadriceps femoris. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 1, p. 1757-1764, 2006.

KEELER, L. K.; FINKELSTEIN, L. H.; MILLER, W.; FERNHALL, B. Early-phase adaptations of traditional-speed vs superslow resistance training on strength and aerobic capacity in sedentary individuals. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 15, p. 309-314, 2001.

KONRAD, P. **The ABC of EMG**: a practical introduction to kinesiological electromyography. Scottsdale, Arizona: Noraxon Inc. USA, 2005.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 4, p. 674-688, 2004.

LACERDA, L. T.; MARTINS-COSTA, H. C.; DINIZ, R. C.; LIMA, F. V.; ANDRADE, A. G.; TOURINO, F. D.; CHAGAS, M. H. Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 1, p. 251-258, 2016.

LAMAS, L.; UGRINOWITSCH, C.; CAMPOS, G. E. R.; AOKI, M.S.; FONSECA, R.; REGAZZINI, M. *et al.* Strength training x power training: performance changes and morphological adaptations. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 21, n. 4, p. 331-340, 2007.

LANTIS, D. J.; FARRELL, J. W.; CANTRELL, G. S.; LARSON, R. D. Eight weeks of high volume resistance training improves onset of blood lactate in trained individuals. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, 2017.

LEVENS, A.; INMAN, V. T.; BLOSSER, J. Transverse rotation of the segments of the lower extremity in locomotion. **The Journal of Bone & Joint Surgery**, v. 30, n. 4, p. 859-872, 1948.

LIANG, X.; LIU, L.; FU, T.; ZHOU, Q.; ZHOU, D.; XIAO, L.; LAI, L. Exercise inducible lactate dehydrogenase B regulates mitochondrial function in skeletal muscle. **Journal of Biological Chemistry**, v. 291, n. 49, p. 25306-25318, 2016.

MACALUSO, T.; BOURDIN, C.; BULOUP, F.; MILLE, M. L.; SAINTON, P.; SARLEGNA, F. R. *et al.* Kinematic features of whole-body reaching movements underwater: Neutral buoyancy effects. **Neuroscience**, v. 327, p. 125-135, 2016.

MACINTOSH, B. R.; RASSIER, D. E. What is fatigue? **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 27, p. 42-55, 2002.

MAFFIULETTI, N. A.; AAGAARD, P.; BLAZEVIČH, A. J.; FOLLAND, J.; TILLIN, N.; DUCHATEAU, J. Rate of force development: physiological and methodological considerations. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 6, p. 1091-1116, 2016.

MAGYARI, P. M.; CHURILLA, J. R. Association between lifting weights and metabolic syndrome among U.S. Adults: 1999-2004 National Health and Nutrition Examination Survey. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, p. 3113-3117, 2012.

MARTIN, J. S.; FRIEDENREICH, Z. D.; BORGES, A. R.; ROBERTS, M. D. Acute effects of peristaltic pneumatic compression on repeated anaerobic exercise performance and blood lactate clearance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 10, p. 2900-2906, 2015.

MARTINS-COSTA, H. C.; DINIZ, R. C. R.; LIMA, F. V.; MACHADO, S. C.; ALMEIDA, R. S. V. D.; ANDRADE, A. G. P. D.; CHAGAS, M. H. Longer repetition duration increases muscle activation and blood lactate response in matched resistance training protocols. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 22, n. 1, p. 35-41, 2016

McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano**. 7. ed. Rio Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

McMILLIAN, D. J.; RYNDERS, Z. G.; TRUDEAU, T. R. Modifying the functional movement screen deep squat test: the effect of foot and arm positional variations. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 4, p. 973-979, 2016.

MERLETTI, R. Standards for reporting EMG data. **International Society of Electrophysiology and Kinesiology**, 1999.

MOHAMAD, N.; CRONIN, J.; NOSAKA, K. Difference in kinematics and kinetics between high- and low-velocity resistance loading equated by volume: implications for hypertrophy training. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 1, p. 269-275, 2012.

MONTEIRO, E. R.; MELO, L. B.; GOMES, T. G.; DIAS, I. B. F.; PAZ, G. A.; SALLES, B. F.; MIRANDA, H. L. Efeito da ordem de execução de séries alternadas por segmento comparadas a séries tradicionais sobre o desempenho de repetições máximas em diferentes segmentos corporais. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 9, n. 55, p. 519-525, 2016.

MOOKERJEE, S.; RATAMESS, N. Comparison of strength differences and joint action durations between full and partial range-of-motion bench press exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 13, p. 76-81, 1999.

MOSCATELLI, F.; VALENZANO, A.; PETITO, A.; TRIGGIANI, A. I.; CILIBERTI, M. A. P.; LUONGO, L. *et al.* Relationship between blood lactate and cortical excitability between taekwondo athletes and non-athletes after hand-grip exercise. **Somatosensory & Motor Research**, v. 33, n. 2, p. 137-144, 2016.

MUNDERMAN, L.; CORAZZA, S.; ANDREIACCHI, T. P. The evolution methods for the capture of human movement leading to markerless motion capture for biomechanical applications. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 3, n. 6, p. 1-11, 2006.

MUNN, J.; HERBERT, R. D.; HANCOCK, M. J.; GANDEVIA, S. C. Resistance training for strength: effect of number of sets and contraction speed. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 37, n. 9, p. 1622-1626, 2005.

MURRAY, M. P.; DROUGHT, A. B.; KORY, R. C. Walking patterns of normal men. **The Journal of Bone & Joint Surgery**, v. 46, n. 2, p. 335-360, 1964.

MUYBRIDGE, Eadweard. **Descriptive zoopraxography, or The science of animal locomotion made popular**. Library of Alexandria, 1893.

NEILS, C. M. *et al.* Influence of contraction velocity in untrained individuals over initial early phase of resistance training. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 4, p. 883-887, 2005.

NORDIN, M.; FRANKEL, V. H. **Biomecânica básica do sistema músculo esquelético**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

ØRNGREEN, M. C.; JEPPESEN, T. D.; TAIVASSALO, T.; HAUERSLEV, S.; PREISLER, N.; HEINICKE, K.; VAN HALL, G. Lactate and energy metabolism during exercise in patients with blocked glycogenolysis (McArdle disease). **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 100, n. 8, p. 1096-1104, 2015.

PAZ, G.; ROBBINS, D. W.; OLIVEIRA, C. G.; BOTTARO, M.; MIRANDA, H. Volume load and neuromuscular fatigue during an acute bout of agonist-antagonist paired-set versus traditional-set training. **Journal of Strength & Conditioning Research**, 2016.

POOLE, D. C.; BARSTOW, T. J. The critical power framework provides novel insights into fatigue mechanisms. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 43, n. 2, p. 65-66, 2015.

REIS, J. G.; COSTA, G. C.; CLIQUET JÚNIOR, A.; PIEDADE, S. R. Análise cinemática do joelho ao subir e descer escada na Instabilidade patelofemoral. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 152-154, 2009.

RITZMANN, R.; FREYLER, K.; KRAUSE, A.; GOLLHOFER, A. Bouncing on Mars and the Moon-the role of gravity on neuromuscular control: correlation of muscle activity and rate of force development. **Journal of Applied Physiology**, v. 121, n. 5, p. 1187-1195, 2016.

ROBERTSON, D. G. E.; CALDWELL, G. E.; HAMILL, J.; KAMEN, G.; WHITTLESEY, S. N. **Research methods in biomechanics**. 2. ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2014.

ROGATZKI, M. J.; WRIGHT, G. A.; MIKAT, R. P.; BRICE, G. Blood ammonium and lactate accumulation response to different training protocols using the parallel squat exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, p. 1113-1118, 2014.

SAKAMOTO, A.; SINCLAIR, P. Effect of movement velocity on the relationship between training load and number of repetitions of bench press. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 3, p. 523-527, 2006.

SALLES, B. F.; SIMÃO, R.; MIRANDA, H.; BOTTARO, M.; FONTANA, F.; WILLARDSON, J. M. Strength increases in upper and lower body are larger with longer inter-set rest intervals in trained men. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, n. 4, p. 429-433, 2010.

SAMPSON, J. A.; DONOHOE, A.; GROELLER, H. Effect of concentric and eccentric velocity during heavy-load non-ballistic elbow flexion resistance exercise. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 17, p. 306-311, 2014.

SANTIAGO, F. L. S.; PAZ, G. A.; MAIA, M. F.; SANTOS, P.S.; SANTOS, A. T. L.; LIMA, V. P. Strength of maximum repetitions and tension time on leg press after static elongation in extensor and flexor knee. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 6, p. 3-9, 2012.

SCHOENFELD, B. J. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Medicine**, v. 43, n. 3, p. 179-194, 2013.

SCHOENFELD, B. J.; OGBORN, D. I.; KRIEGER, J. W. Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 45, n. 4, p. 577-585, 2015.

SCUDESE, E.; WILLARDSON, J. M.; SIMÃO, R.; SENNA, G.; SALLES, B. F.; MIRANDA, H. The effect of rest interval length on repetition consistency and perceived exertion during near maximal loaded bench press sets. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 11, p. 3079-3083, 2015.

SHEPHARD, R. J. PAR-Q: Canadian home fitness test and exercise screening alternatives. **Sports Medicine**, v. 5, p. 185-195, 1992.

SILVA, J. B.; LIMA, V. P.; PAZ, G. A.; OLIVEIRA, C. R.; D'URSO, F.; NUNES, R. A. M.; CASTRO, J. B. P.; VALE, R. G. S. Determination and comparison of time under tension required to perform 8, 10 and 12-RM loads in the bench press exercise. **Biomedical Human Kinetics**, v. 8, n. 1, p. 153-158, 2016.

SILVA, M. F.; DIAS, J. M.; PEREIRA, L. M.; MAZUQUIN, B. F.; LINDLEY, S.; RICHARDS, J.; CARDOSO, J. R. Determination of the motor unit behavior of lumbar erector spinae muscles through surface EMG decomposition technology in healthy female subjects. **Muscle & Nerve**, v. 55, n.1, p. 28-34, 2017.

SIMÃO, R. *et al.* Exercise order in resistance training. **Sports Medicine**, v. 42, n. 3, p. 251-265, 2012.

SIMÃO, R.; POLY, M. A.; LEMOS, A. Prescrição de exercícios através do teste de uma repetição máxima (T1RM) em homens treinados. **Fitness & Performance Journal**, v. 3, p. 47-52, 2004.

STEGEMAN, D. F.; HERMES, H. J. **Standards for surface electromyography**: the European project Surface EMG for non-invasive assessment of muscles (SENIAM), 2005.

STILLMAN, J. D. B.; MUYBRIDGE, E. **The horse in motion as shown by instantaneous photography**. University of California Libraries, 1882.

STONE, M. H.; O'BRYANT, H. S.; SCHILLING, B. K.; JOHNSON, R. L.; PIERCE, K. C.; HAFF, G. G. *et al.* Periodization: effects of manipulating volume and intensity. Part 1. **Strength & Conditioning Journal**, v. 21, p. 56-62, 1999.

SUCHOMEL, T. J.; SOLE, C. J.; STONE, M. H. Comparison of Methods That Assess Lower-body Stretch-Shortening Cycle Utilization. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 2, p. 547-554, 2016

TANIMOTO, M.; ISHII, N. Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, p. 1150-1157, 2006.

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

TRAN, Q. T.; DOCHERTY, D.; BEHM, D. The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. **European Journal of Applied Physiology**, v. 98, n. 4, p. 402-410, 2006.



TREBS, A. A.; BRANDENBURG, J. P.; PITNEY, W. A. An electromyography analysis of 3 muscles surrounding the shoulder joint during the performance of a chest press exercise at several angles. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 7, p. 1925-1930, 2010.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

WANG, M. C.; GENG, X.; WANG, S.; MA, M. X.; WANG, M. X.; HUANG, M. J. *et al.* In vivo kinematic study of the tarsal joints complex based on fluoroscopic 3D-2D registration technique. **Gait & Posture**, v. 49, p. 54-60, 2016.

WATANABE, M.; TANIMOTO, A.; OHGANE, K.; SANADA, K.; MIYACHI, M.; ISHII, N. Increased muscle size and strength from slow-movement, low-intensity resistance exercise and tonic force generation. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 21, n. 1, p. 71-84, 2013.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEÉ, R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. **Sports Medicine**, v. 37, n. 3, p. 225-264, 2007.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D.L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 5. ed. São Paulo: Manole, 2013.

WIRTH, K.; HARTMANN, H.; SANDER, A.; MICKEL, C.; SZILVAS, E.; KEINER, M. The impact of back squat and leg press exercises on maximal strength and speed-strength parameters. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1205-1212, 2016.

ZATSIORSKY, V. M. Biomechanical characteristics of the human body. In: BAUMANN, W. (Ed.). **Biomechanics and Performance in Sport**. Verlag Karl Hofmann, Schorndorf, 1983. p. 71-83.

## APÊNDICE A – Artigo publicado do estudo piloto

**Original Paper**



Biomedical Human Kinetics, 8, 153–158, 2016

DOI: 10.1515/bhk-2016-0022

### Determination and comparison of time under tension required to perform 8, 10 and 12-RM loads in the bench press exercise

Jurandir Baptista da Silva<sup>1,2</sup>, Vicente Pinheiro Lima<sup>1,2,3</sup>, Gabriel Andrade Paz<sup>2,3</sup>, Caroline Reis de Oliveira<sup>2</sup>, Francisco D'urso<sup>2</sup>, Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes<sup>1</sup>, Juliana Brandão Pinto de Castro<sup>1</sup>, Rodrigo Gomes de Souza Vale<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Physical Education and Sports, Postgraduate Program in Exercise and Sport Sciences, State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil; <sup>2</sup> Biodynamic Laboratory of Exercise, Health and Performance, Castelo Branco University, Rio de Janeiro, Brazil; <sup>3</sup> Biondesp Institute, Kinesiology Center of Performance, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

#### Summary

*Study aim:* To determine and compare the time under tension (TUT) required to perform 8, 10 and 12 repetition maximum (RM) loads in the bench press exercise.

*Material and methods:* Twenty men ( $24.17 \pm 4.69$  years) were selected intentionally and properly. We included in the study physically active individuals, with a weekly frequency of physical activity of at least two days for six months, and excluded individuals with injury or pain that could interfere with the correct execution of the exercise and individuals with positive PAR-Q. The 10-RM test consisted in performing ten consecutive repetitions with maximum overload and the highest speed in bench press exercise on the Smith machine. After 48 h, 10-RM sets were performed with the load obtained in the 10-RM load testing. The TUT in 10-RM was verified through kinematics using the timing technique of the Kinovea software.

*Results:* The RM loads and TUT obtained during the retest session showed normal distribution between subjects. However, no significant differences were found between the loads 8, 10 and 12-RM within and between subjects ( $p < 0.05$ ). The verified TUT showed a difference from 8 to 10-RM and from 8 to 12-RM, but no significant difference was found between TUT protocols for 10 and 12-RM ( $p < 0.05$ ).

*Conclusion:* The study results enable evaluation of TUT in bench press exercise on the Smith machine for the study sample, allowing, for this group, the prediction and control of training intensity through the TUT.

**Keywords:** Resistance training – Time under tension – 10-RM – Bench press

#### Introduction

Resistance training (RT) has been prescribed for individuals who want to optimize muscle hypertrophy and strength gains [12, 22, 29]. For such results, some variables must be controlled and manipulated, such as increased overload, number of repetitions, sets, frequency, exercise order, and rest interval between sets [16]. The overload and the number of repetitions determine the intensity of the training. The intensity can be determined by the zone of repetition maximum (RM), which is a relevant variable to be observed [1, 11]. The training intensity is also prescribed using the percentages of 1-RM [8, 9, 25].

However, there is some time interval during the RM execution. Thus, the intensity can also be characterized by the total time of tension under a period of time [17]. Therefore, in the implementation of one or more training RM, there is a certain interval of time covered by the production of muscle strength, which is the time under tension (TUT). This is proportional to the number of goal repetitions because muscle tension is related to the product of force and displacement.

Fleck and Kraemer [11] recommend training using 8 to 12-RM loads with the goal of increasing the hypertrophy gains. However, the magnitude of the hypertrophic response depends not only on exercise intensity, but also on the time the muscle is under tension [7]. The execution of strength exercises at different speeds changes

the TUT and consequently the results [19]. Burd *et al.* [7] verified the muscular activation and protein synthesis in carrying out the exercise extensor chair, with the intensity controlled to 30% of 1-RM, at two different speeds of execution, thus changing the final TUT. The results showed that different times under tension significantly alter the muscular response. However, Lacerda *et al.* [17] found that the same TUT can also present different results in the electromyographic activity carried out at different running speeds and consequently different number of repetitions. Thus, these studies point to the need to determine the average TUT of exercise and its influence on muscle responses.

The duration of the repetition influences both the training load [26] and the acute and chronic adaptations arising from a strength-training program [30]. Some studies have indicated that the duration of repetition can influence the maximum strength performance [23] and muscular power [5]. For training aiming at muscular hypertrophy, generally moderate to high speeds are suggested, depending on the individual's training condition [1, 16]. Some authors suggest values around 5 seconds [4], while others suggest a range of 2 to 6 seconds [33]. Repetition durations of 4 and 6 seconds are traditionally recommended [24]. However, there is no clear justification for such recommendations, because the average TUT for exercises is not well described in the literature.

Thus, there is a need for further studies to examine the muscular responses in the control of strength training variables, in particular, the prescription of exercise intensity from the time under tension [13, 15, 32]. However, there is still a lack of evidence about the TUT required to perform 8, 10 and 12-RM testing. In this context, it is believed that there will be a decrease in the load used for the largest number of repetitions (8 versus 12) and consequently in strength. However, it allows the achievement of higher speeds in the initial phase, which may allow the assimilation of TUT in these executions.

Therefore, the purpose of this study was to determine and compare the time under tension required to perform 8, 10 and 12-RM loads in the bench press exercise.

## Material and methods

### Participants

This is a descriptive and comparative study [31]. Male military personnel of Rio de Janeiro, Brazil, were invited to join this study. Twenty physically active individuals were selected by convenience to participate in the intervention. To be included in the study, a subject had to have a physical activity frequency of at least two days a week and practice physical exercise regularly for at least six months. Individuals with injury or pain that could interfere with the correct execution of the exercise and those with a positive PAR-Q [28] were excluded from the study.

The participants who agreed to participate in the study signed an informed consent form in accordance with the guidelines regarding human research delineated in Resolution 466/2012 of the National Health Council [10] and the Declaration of Helsinki [35].

The description of the sample includes measurements of body mass and stature (Table 1). The measurement of body mass (expressed in kilograms) was performed on a mechanical scale (Filizola, Brazil) and stature (expressed in meters) using a portable stadiometer (Seca, Baystate Scale & Systems, USA). Additionally, we calculated the body mass index (BMI) [20] as the ratio between the body mass and the square of the stature ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ). We adopted the three skinfolds protocol proposed by Jackson and Pollock [14] to estimate the percentage (%) of body fat.

### Eight, ten and twelve-repetition maximum load determination

The repetition maximum load test consists of performing consecutive repetitions with maximum overload at the highest possible pace [2]. The test was stopped when the movement was performed with the incorrect technique and/or when there occurred voluntary concentric failures at 8, 10 and 12-RM. In order to reduce the margin of error in the tests, the following strategies were adopted: a) standardized instructions were supplied before the test, so that the appraised was aware of the whole routine that

**Table 1.** Characteristics of the sample

	Age [years]	Body mass [kg]	Stature [m]	BMI	Body fat [%]
Mean	24.17	80.85	1.72	27.14	11.24
SD	4.69	14.86	0.06	4.20	4.50
Minimum	20.00	58.60	1.58	22.06	6.70
Maximum	35.00	117.00	1.80	36.93	23.60

SD – Standard deviation; BMI – body mass index

involved the data collection; b) the appraised was instructed on the execution technique of the exercise; c) the examiner was aware regarding the position adopted by the test of time, because small variations in the positioning of the joints involved in the movement could work other muscles, leading to erroneous interpretations of the obtained scores; d) verbal stimulus was provided in order to maintain a high level of motivation. The intervals between attempts during the tests were fixed at five minutes. The intervals between protocols were 48 hours. The subjects were not to consume any stimulant drink (caffeine or alcohol) or perform physical activity 48 hours before the tests.

The position of the individual in bench press in the apparatus Smith Machine (TechnoGym, Rio de Janeiro, Brazil) was with both feet on the floor, column with physiological curvatures preserved, shoulder in abduction of 90° and elbows flexed at 90°. In this position, the back of the arm was touching a rope sustained by two trestles limiting the lower amplitude. In the execution of the exercise, horizontal adduction of shoulder, abduction of shoulder girdle and full elbow extension to 0° were carried out. To verify the time of beginning and ending of the movement, as well as the behavior of the angular and linear joint kinematics, we attached reflective markers on the wrists, elbows and shoulders of the participants, ensuring the movement pattern. The images were acquired by a camera (Sony, Japan) positioned on a tripod in order to allow the full view of the movement and were analyzed with Kinovea software. The failure of the movement, as well as the withdrawal of the seat back and/or legs off the ground, was observed. If the execution was not in accordance with the standards, the collection was canceled and rescheduled. The TUT measurements were assessed through the kinematics using the timing technique of the Kinovea software [3].

#### Statistical analysis

Data were analyzed by SPSS 20 for Windows and presented as maximum, minimum, mean and standard deviation. Normality and variance homogeneity of data were determined using Shapiro-Wilk and Levene tests,

respectively. One-way ANOVA was applied for comparisons between RM and TUT protocols, followed by the Bonferroni post-hoc test to identify possible differences. The significance level was set at  $p < 0.05$  for all tests.

#### Results

Table 2 shows the mean, standard deviation, minimum and maximum of 8, 10 and 12-RM load determination and the TUT of the sample.

#### Discussion

The main findings of the current study suggested that the RM loads and TUT obtained during the retest session showed normal distribution between subjects. However, no significant differences were found between the loads 8, 10 and 12-RM within and between subjects ( $p < 0.05$ ). The verified TUT presented a significant difference from 8 to 10-RM and from 8 to 12-RM. However, no significant difference was found between TUT protocols for 10 and 12-RM ( $p < 0.05$ ).

Different execution speeds can lead to changes in the measurement of intensity and results. Keeler *et al.* [15] observed an increase in strength of 8 and 12 repetitions performed with the total time of tension about 48 and 72 s, respectively, and 2 s in the concentric phase (CP) and 4 s in the eccentric phase (EP) compared to the super slow speed, with the total tension time of 120 and 160 s, respectively, 10 s and 5 s in CP in EP in sedentary women in the bench press. These results are in contrast to the findings of this study, which found a lower TUT for physically active men. However, the present study protocol was based on the TUT for 10-RM and according to ACSM [1]. This number of repetitions is indicated to promote gains of strength and hypertrophy. The different TUT results are explained by the fact that the protocols have been made at different speeds: in the study of Keeler *et al.* [15] at controlled speeds, and at full speed in this sample. Strength

Table 2. Values of load determination and time under tension for the repetitions

	8-RM		10-RM		12-RM	
	LD	TUT	LD	TUT	LD	TUT
Mean	78.33	16.31	73.67	18.91*	69.33	21.80 <sup>+</sup>
SD	10.16	1.06	11.15	2.69	11.13	3.16
Minimum	64.00	14.38	56.00	14.61	50.00	17.81
Maximum	100.00	17.88	96.00	25.09	90.00	26.72

SD – Standard deviation; LD – Load determination; TUT – time under tension; \* difference from 8 to 10-RM; <sup>+</sup> difference from 8 to 12-RM.



gains and hypertrophy can also be explained by the fact that Keeler *et al.* [15] used sedentary women in their sample, whereas this protocol used physically active men.

Santiago *et al.* [27] verified the TUT in leg press exercise and found a TUT for 10-RM of  $25.7 \pm 6$  s in trained women. This result was much higher than the TUT values found in this study using the bench press exercise in active men. This suggests that the TUT can vary for the same number of repetitions in exercises, genders and different fitness levels. Thus, this result emphasizes the need to check the TUT for each exercise for each muscle group, and therefore the body segment size can influence the displacement and therefore the speed and TUT in the execution of the exercise.

Gentil *et al.* [13] compared four different strength training methods using the same overload in the exercise leg extension. In the method with the traditional protocol of 10-RM, the speed of 2 s for the concentric phase and 2 s for the eccentric, there was a TUT total of  $42.08 \pm 3.18$  s. This differs from the present study that found a much lower TUT. These results can be justified because the execution speed was different between studies, which is as fast as possible and held in multi-joint exercise for the upper limbs. Gentil *et al.* [13] also found that the speed of different execution protocols changes the number of repetitions performed, thus interfering directly with the TUT, holding the number of repetitions and the results, as there were found higher lactate levels in a smaller number of repetitions, but a higher TUT was generated compared to the traditional protocol. These results also suggest that the same number of repetitions may generate different TUT for different exercises and muscle groups.

Lamas *et al.* [18] evaluated the responses of strength training compared to power training. The strength training group (STG) performed squats with loads between 60 and 95% of 1-RM, while the power training group (PTG) performed squats with loads between 30 and 60% of 1-RM. Both protocols were performed at the highest possible speed. Although not checking the TUT directly, when considering that the intensity of the load employed in the PTG allows higher speeds to be achieved, this generated a lower TUT compared to STG. However, there was no significant difference in the increase of maximum strength and hypertrophy between protocols. These results suggest that the degree of muscle tension acting at the time of breaking is high enough to the point of stimulating muscle hypertrophy in power training. Thus, this result leads us to believe that the speed of these two protocols may have been the reason for similar results. Although the present study was based on absolute values of RM, such results support the proposal of this study, suggesting the prediction and control of the intensity by the maximum speed and timing.

While not diminishing the importance of the present research, there are some limitations in this study that should be mentioned: first, this study did not take into account the previous practice of the proposed exercise. Additionally, because of the small sample size, the obtained results should be interpreted and generalized with caution.

Summing up, it was possible to achieve the proposed objective of this research, checking the TUT in bench press exercise on the Smith machine for the study sample, allowing, for this group, the prediction and control of training intensity through the TUT. The study hypothesis was partially confirmed, since no differences were observed between the TUT from 10 to 12-RM. It is recommended that further studies on TUT be performed with both genders, trained and untrained individuals, other exercises and other RM numbers. We also recommend the use of other techniques to analyze responses of TUT such as electromyography and biochemical markers.

## References

1. American College of Sports Medicine (2009) American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 41: 687-708. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181915670
2. American College of Sports Medicine (2009) ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 8th ed. Philadelphia: The Point.
3. Balsalobre-Fernández C., C.M. Tejero-González, J. Campo-Vecino, N. Bavaresco (2014) The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *J. Strength Cond. Res.*, 28: 528-533. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318299a52e
4. Bird S.P., K.M. Tarpenning, F.E. Marino (2005) Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Med.*, 35: 841-851.
5. Bottaro, M., S.N. Machado, W. Nogueira, R. Scales, J. Veloso (2007) Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 99: 257-264. DOI: 10.1007/s00421-006-0343-1
6. Brentano M.A., E.L. Cadore, E.M. Silva, R.F. Silva, L.F.M. Kruel (2008) Maximal strength estimation in resistance training exercises based on anthropometric parameters of physically active men and women. *Braz. J. Biomotricity*, 2: 294-301.
7. Burd N.A., R.J. Andrews, D.W. West, J.P. Little, A.J. Cochran, A.J. Hector, et al. (2012) Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle

- protein subfractional synthetic responses in men. *J. Physiol.*, 590: 351-362. DOI: 10.1113/jphysiol.2011.221200
8. Candow D.G., D.G. Burke (2007) Effect of short-term equal-volume resistance training with different workout frequency on muscle mass and strength in untrained men and women. *J. Strength Cond. Res.*, 21: 204-207. DOI: 10.1519/R-19785.1
  9. Chestnut J.L., D. Docherty (1999) The effects of 4 and 10 repetition maximum weight-training protocols on neuromuscular adaptations in untrained men. *J. Strength Cond. Res.*, 13: 353-359.
  10. Conselho Nacional de Saúde (Brasil). Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 12, p. 59, jun. 2013.
  11. Fleck S.J., W.J. Kraemer (2014) Designing resistance training programs. 4th ed. Champaign, IL: Human Kinetics.
  12. Garber C.E., B. Blissmer, M.R. Deschenes, B.A. Franklin, M.J. Lamonte, I.M. Lee, et al. (2011) 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: 1334-1359. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318213fefb
  13. Gentil P., E. Oliveira, M. Bottaro (2006) Time under tension and blood lactate response during four different resistance training methods. *J. Physiol. Anthropol.*, 25: 339-344.
  14. Jackson A.S., M.L. Pollock (1978) Generalized equations for predicting body density of men. *Br. J. Nutr.*, 40: 497-504.
  15. Keeler L.K., L.H. Finkelstein, W. Miller, B. Fernhall (2001) Early-phase adaptations of traditional-speed vs superslow resistance training on strength and aerobic capacity in sedentary individuals. *J. Strength Cond. Res.*, 15: 309-314.
  16. Kraemer W.J., N.A. Ratamess (2004) Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36: 674-688.
  17. Lacerda L.T., H.C. Martins-Costa, R.C. Diniz, F.V. Lima, A.G. Andrade, F.D. Tourino, et al. (2016) Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. *J. Strength Cond. Res.*, 30: 251-258. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001044
  18. Lamas L., C. Ugrinowitsch, G.E.R. Campos, M.S. Aoki, R. Fonseca, M. Regazzini, et al. (2007) Strength training x power training: performance changes and morphological adaptations. *Rev. Bras. Educ. Fis. Esp.*, 21: 331-340.
  19. MacDougall J.D. (1986) Adaptability of muscle to strength training: a cellular approach. In: B. Saltin (ed.) Biochemistry of exercise VI. Champaign, IL: Human Kinetics. pp. 501-513.
  20. Marfell-Jones M., T. Olds, A. Stewart, L. Carter (2006) International standards for anthropometric assessment. Potchefstroom, South Africa: ISAK.
  21. Marques G.C.O., M.A. Brentano, L.F.M. Krueel (2009) Estimativas da força máxima dinâmica através de coeficientes e de análise de regressão linear baseado em parâmetros antropométricos de homens destreinados em força. *Rev. Bras. Educ. Fis. Esporte*, 23: 171-181. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1807-55092009000200007>
  22. Miller A.E.J., J.D. MacDougall, M.A. Tarnopolsky, D.G. Sale (1993) Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 66: 254-262.
  23. Munn J., R.D. Herbert, M.J. Hancock, S.C. Gandevia (2005) Resistance training for strength: effect of number of sets and contraction speed. *Med Sci. Sports Exerc.*, 37: 1622-1626.
  24. Neils C.M., B.E. Udermann, G.A. Brice, J.B. Winchester, M.R. McGuigan (2005) Influence of contraction velocity in untrained individuals over initial early phase of resistance training. *J. Strength Cond. Res.*, 19: 883-887. DOI: 10.1519/R-15794.1
  25. Ramalho G.H.R.O., M.L. Mazini Filho, B.M. Rodrigues, G.R.O. Venturini, R.S. Salgueiro, R.L. Pace Júnior, et al. (2011) The 1RM testing for prediction of load in hypertrophy training and its relation with maximum number of repetitions. *Braz. J. Biomotricity*, 5: 168-174.
  26. Sakamoto A., P. Sinclair (2006) Effect of movement velocity on the relationship between training load and number of repetitions of bench press. *J. Strength Cond. Res.*, 20: 523-527. DOI: 10.1519/16794.1
  27. Santiago F.L.S., G.A. Paz, M.F. Maia, P.S. Santos, A.T.L. Santos, V.P. Lima (2012) Strength of maximum repetitions and tension time on leg press after static elongation in extensor and flexor knee. *Rev. Bras. Prescr. Fisiol. Exerc.*, 6: 3-9.
  28. Shephard R.J. (1988) PAR-Q: Canadian home fitness test and exercise screening alternatives. *Sports Med.*, 5: 185-195.
  29. Spagnol A.R., O.C.M. Malheiro, R.C. Castoldi, D.G. Moret, R.G. Araújo, M. Papoti, et al. (2012) Análise da plasticidade muscular de ratos submetidos a um protocolo de treinamento físico concorrente. *Rev Bras Ciênc Mov.*, 20: 118-124. DOI: <http://dx.doi.org/10.18511/rb-cm.v20i3.3607>
  30. Tanimoto M., N. Ishii (2006) Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. *J. Appl. Physiol.*, 100: 1150-1157. DOI: 10.1152/jappphysiol.00741.2005
  31. Thomas J.R., J.K. Nelson, S.J. Silverman (2012) Métodos de pesquisa em atividade física. 6th ed. Rio de Janeiro: Artmed.

- 
32. Watanabe Y., M. Tanimoto, A. Ohgane, K. Sanada, M. Miyachi, N. Ishii (2013) Increased muscle size and strength from slow-movement, low-intensity resistance exercise and tonic force generation. *J. Aging Phys. Act.*, 21: 71-84.
33. Wembom M., J. Augustsson, R. Thomeé (2007) The influence of frequency, intensity and volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Med.*, 37: 225-264.
34. Westphal M., R.R. Batista, A.R. Oliveira (2006) Relationship between body mass, lean body mass, cross sectional area and 1 RM in women. *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum.*, 8: 52-57.
35. World Medical Association (1989) Declaration of Helsinki. Recommendation guiding physicians in biomedical research involving human subjects. *Java*. 227: 925-926.
- 

Received 27.07.2016

Accepted 28.11.2016

© University of Physical Education, Warsaw, Poland

## APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

<b>Título</b>	Tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento
<b>Coordenador</b>	Prof. Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale rodrigovale@globo.com – (22) 98114-0319
<b>Pesquisador Responsável</b>	Prof. Msd. Jurandir Baptista da Silva profjurandirsilva@hotmail.com – (21) 97254-8859

Prezado participante, através do presente termo, você é convidado a participar da pesquisa intitulada: **Tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento**, submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa, que é o órgão institucional que tem por objetivo proteger o bem-estar dos indivíduos pesquisados. É um comitê interdisciplinar, constituído por profissionais de ambos os sexos, além de pelo menos um representante da comunidade, que tem por função avaliar os projetos de pesquisa que envolvam a participação de seres humanos.

**Termo de Esclarecimento:** Essas informações estão sendo fornecidas para sua participação voluntária neste estudo, que tem por objetivo: verificar o comportamento muscular do tempo de tensão de diferentes séries múltiplas de treinamento com pesos sobre a atividade eletromiográfica e substâncias no sangue associadas ao cansaço muscular em homens fisicamente ativos.

**Desenho Experimental do Estudo:** O estudo será realizado ao longo de 5 semanas. Em cada semana, os participantes poderão realizar 2 visitas (quarta e sexta-feira), sendo, no entanto, necessárias 7 visitas no total. Nas primeiras visitas serão realizadas as medidas do corpo (estatura, massa e quantidade de gordura) e o teste para determinar o peso utilizado nos aparelhos de musculação. Nas três visitas subsequentes, os participantes serão submetidos ao protocolo experimental.

**Objetivo do Estudo:** O objetivo do presente projeto é investigar o tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e lactato em repetições máximas múltiplas em homens fisicamente ativos.



**Descrição dos Procedimentos Metodológicos:** O estudo é parte da dissertação de mestrado do aluno Jurandir Baptista da Silva. Participarão do estudo 30 homens. No presente estudo, não haverá a possibilidade de se envolver menores de idade ou portadores de deficiência auditiva ou visual.

A sensação de dor muscular será avaliada utilizando notas de 0 a 6 (0 = nenhuma dor, 1 = sensação leve de dor; 2 = dor contínua; 3 = dor aguda; 4 = dor irritante; 5 = dor severa; 6 = dor intolerável).

Para avaliar a sensação de cansaço no músculo, as medidas de sangue (através de furo no dedo) foram obtidas em 3 momentos diferentes: pré, imediatamente após (Pós) e 3 minutos após (P3). A atividade mioelétrica (EMG) será obtida através da eletromiografia que consiste em uma técnica que utiliza eletrodos superficiais fixados à pele com fita para obter os sinais.

**Descrição de Riscos e Desconfortos:** durante os protocolos experimentais podem ocorrer dores musculares tardias devido ao treinamento de resistido. Todavia, o posicionamento dos indivíduos durante os exercícios será cuidadosamente controlado pelos pesquisadores, visando evitar compensações e lesões.

**Benefícios para os Participantes:** receber gratuitamente uma avaliação sobre os níveis de capacidade funcional, atividade neural e desempenho neuromuscular.

**Forma de Obtenção da Amostra:** indivíduos fisicamente ativos selecionados de acordo com a disponibilidade para participar do estudo voluntariamente.

**Uso de Placebo:** não há.

**Garantia de Acesso:** em qualquer etapa do estudo, você terá acesso ao profissional responsável, que poderá ser encontrado através dos telefones: Prof. Dr. Rodrigo Vale – rodrigovale@globo.com – (22) 98114-0319; Prof. Msd. Jurandir Baptista da Silva – profjurandirsilva@hotmail.com – (21) 97254-8859. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), do Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE/UERJ) – Boulevard 28 de setembro, 77, Vila Isabel, CEP: 20.551-030 – Rio de Janeiro – Térreo – Tel.: 2868-8253 – E-mail: cep-hupe@uerj.br – Atendimento: de segunda-feira à sexta-feira, das 09:00 - 12:00h e de 13:00 - 17:00h.

É garantida a liberdade de querer não participar do projeto de pesquisa ou de retirar o consentimento a qualquer momento, no caso da aceitação, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição.

**Privacidade e a confidencialidade:** a privacidade deriva da autonomia e engloba a intimidade da vida privada, a honra das pessoas, significando que a pessoa tem direito de limitar a exposição de seu corpo, sua imagem, e julgamentos expressos em questionários. A confidencialidade se refere à responsabilidade sobre as informações recebidas ou obtidas em exames e observações pelo pesquisador em relação a dados pessoais do participante da pesquisa. Essas duas condições são apresentadas neste documento (Res. CNS 466/12) e serão asseguradas ao participante da pesquisa que os dados pessoais oriundos da participação na pesquisa serão utilizados apenas para os fins científicos (Res. CNS 466/12 IV. 3.f). Os resultados dos exames, bem como a avaliação dos participante serão somente de competência dos pesquisadores envolvidos no projeto e dos profissionais que possam vir a ter relacionamento de atendimento e/ou de cuidados com o participante e que não será permitido acesso a terceiros (seguidores, empregadores, superiores hierárquicos), garantindo proteção contra qualquer tipo de discriminação e/ou estigmatização; o participante terá o direito e acesso aos resultados do estudo diretamente no local onde os dados foram coletados conforme a Norma Operacional CNS 001 de 2013, item 3.4.14. No presente estudo, não serão permitidos portadores de doenças crônicas, cardiovasculares e osteomioarticulares. Não haverá uso de fontes secundárias de dados.

**Despesas e compensações:** em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos ou tratamentos propostos neste estudo (nexo causal comprovado), o participante tem direito a tratamento médico custeado pelos pesquisadores responsáveis pela pesquisa. Adicionalmente, o participante terá direito a ressarcimento das despesas decorrentes da pesquisa, especialmente, alimentação e transporte, quando necessário (Resolução CNS 466 de 2012, item II.21).

**Direito de Confidencialidade:** os dados e o material obtido serão utilizados somente para esta pesquisa, sendo assim devidamente descartados em local apropriado conforme com a Resolução CNS nº 441 de 2011 e o disposto no Anexo II da Norma Operacional CNS nº 001 de 2013, a Resolução CNS nº 441 de 2011 e a Portaria MS nº 2.201 de 2011).

**Critérios de interrupção e suspensão do estudo:** caso ocorra qualquer tipo de lesão osteomioarticular durante a realização dos protocolos experimentais, o

presente estudo será suspenso para readequação e elaboração de procedimentos que evitem tais eventos. Em caso de dúvidas ou perguntas, queira manifestar-se em qualquer momento, para explicações adicionais, dirigindo-se a qualquer um dos pesquisadores.

## **CONSENTIMENTO**

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações sobre o estudo acima citado que li ou que foram lidas para mim. Eu discuti, com o pesquisador responsável, sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia de acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem penalidades ou prejuízos e sem a perda de atendimento nesta Instituição ou de qualquer benefício que eu possa ter adquirido. Eu receberei uma via desse Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e a outra via ficará com o pesquisador responsável por essa pesquisa. Além disso, estou ciente de que eu (ou meu representante legal) e o pesquisador responsável deveremos rubricar todas as folhas desse TCLE e assinar na última folha.

**Nome e Assinatura do participante/sujeito de pesquisa e do pesquisador responsável, local e data.**

\_\_\_\_\_  
Nome do sujeito da pesquisa

\_\_\_\_\_  
Rio de Janeiro; Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do sujeito da pesquisa

\_\_\_\_\_  
Nome do pesquisador responsável

\_\_\_\_\_  
Rio de Janeiro; Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador responsável

## APÊNDICE C – Declaração de Ciência

### **PROJETO DE**

( ) Graduação ( ) Especialização (  ) Mestrado ( ) Doutorado ( ) Outros: \_\_\_\_\_

Qual Faculdade/Instituição: **IEFD – UERJ – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte (PPGCEE)**

### **Declaração de ciência**

Declaro para os devidos fins que o **Programa de Práticas Corporais de Saúde (PRACORSAU)**, da **Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)**, sabe do interesse na realização da Pesquisa: **Tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e lactato em repetições máximas múltiplas**, sendo os responsáveis o autor **Jurandir Baptista da Silva** e orientador **Dr. Rodrigo Gomes De Souza Vale** e não nos opomos que a mesma seja realizada. O projeto só deverá começar após avaliação e aprovação do Comitê de Ética em pesquisa do HUPE.

- Período de coleta dos dados: **(30/10/2016 à 15/12/2016)** os dados serão coletados através de:

( ) ENTREVISTA ( ) QUESTIONÁRIO ( ) PRONTUÁRIO (  ) TESTES

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
 Nome do responsável da Unidade/Serviço/Disciplina      Assinatura com carimbo      Data

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
 Nome do pesquisador      Assinatura      Data

**APÊNDICE D – Ficha de coleta do grupo supino**

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Massa Corporal: \_\_\_\_\_

Estatura: \_\_\_\_\_

**SUPINO RETO**

<b>TESTE DE CARGA</b>		
<b>8 RM</b>	<b>10 RM</b>	<b>12 RM</b>
1ª TENTATIVA	1ª TENTATIVA	1ª TENTATIVA
2ª TENTATIVA	2ª TENTATIVA	2ª TENTATIVA
3ª TENTATIVA	3ª TENTATIVA	3ª TENTATIVA

	<b>CARGA DE TESTE</b>	<b>TEMPO SOB TENSÃO</b>	<b>LACTATO PRÉ</b>	<b>LACTATO PÓS</b>
<b>8 RM</b>				
<b>10 RM</b>				
<b>12 RM</b>				

**APÊNDICE E – Ficha de coleta do grupo agachamento**

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Massa Corporal: \_\_\_\_\_

Estatura: \_\_\_\_\_

**AGACHAMENTO**

<b>TESTE DE CARGA</b>		
<b>8 RM</b>	<b>10 RM</b>	<b>12 RM</b>
1ª TENTATIVA	1ª TENTATIVA	1ª TENTATIVA
2ª TENTATIVA	2ª TENTATIVA	2ª TENTATIVA
3ª TENTATIVA	3ª TENTATIVA	3ª TENTATIVA

	<b>CARGA DE TESTE</b>	<b>TEMPO SOB TENSÃO</b>	<b>LACTATO PRÉ</b>	<b>LACTATO PÓS</b>
<b>8 RM</b>				
<b>10 RM</b>				
<b>12 RM</b>				

**APÊNDICE F** – Artigo do objetivo específico 1

**Fase:** Em redação para submissão

**Journal:** *Journal of Strength and Conditioning Research*

**Manuscript title:** Comparison of time under tension and muscle and metabolic responses required to perform 8, 10 and 12RM in the bench press exercise

**Brief running head:** Time under tension, muscle and metabolic responses

**Authors' names:**

Jurandir Baptista da Silva<sup>1,2</sup>

Vicente Pinheiro Lima<sup>1,2</sup>

Gabriel Andrade Paz<sup>2,3</sup>

Jefferson da Silva Novaes<sup>3</sup>

Juliana Brandão Pinto de Castro<sup>1</sup>

Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes<sup>1</sup>

Rodrigo Gomes de Souza Vale<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Postgraduate Program in Exercise and Sport Sciences, Institute of Physical Education and Sports, State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

<sup>2</sup> Bidesp Institute, Center for Research in Exercise, Rehabilitation and Performance, Rio de Janeiro, Brazil

<sup>3</sup> School of Physical Education and Sports, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

**Corresponding author:**

Juliana Brandão Pinto de Castro

Rua São Francisco Xavier, 524, Pavilhão João Lira Filho, Bloco F, 9th floor, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, zip-code: 20550-900

Email: julianabrandaoflp@hotmail.com

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar o tempo sob tensão (TST), a concentração sanguínea de lactato (LAC) e a atividade eletromiográfica (EMG) entre as execuções de 8, 10 e 12RM no exercício supino reto. Onze militares do sexo masculino (idade:  $19,09 \pm 0,30$  anos; estatura:  $1,71 \pm 0,05$  metros; massa corporal:  $67,89 \pm 6,60$  kg; percentual de gordura:  $7,99 \pm 1,61$ ) participaram do estudo. O TST para 8, 10 e 12 RM foi verificado através da cinemetria. Após 48h, os participantes realizaram os exercícios com o TST e a carga obtida nos testes. O teste Anova foi usado para as comparações entre o número de repetições. Foram encontradas diferenças significativas nas variáveis TST e LAC ( $p < 0,05$ ) em ordem crescente ao número de repetições (8<10<12RM). A atividade EMG dos músculos do peitoral maior, parte clavicular (PC) e parte esternocostal (PE), apresentaram maior sinal EMG para 12RM comparado ao protocolo de 8 e 10RM. No entanto, os músculos deltoide e tríceps braquial não apresentaram diferença na resposta EMG. Assim, o controle da relação volume/intensidade e a prescrição nas faixas de repetição dos exercícios propostos pelo estudo podem ser realizados baseados no TST.

**Palavras-chave:** Strength Training, Exercise Intensity, Blood, Upper Extremity, Military Personnel

## INTRODUÇÃO

O treinamento de força (ST) vem sendo praticado não só por atletas em busca de ganhos no desempenho esportivo, mas também por indivíduos que tem como objetivo a melhora nas atividades de vida diária (VALE; RODRIGUES, 2014). O ST pode ser definido como um método diferenciado de treinamento, que utiliza cargas progressivas com o intuito de otimizar a capacidade de um indivíduo exercer ou resistir à força. Dessa forma, o TF é usualmente aplicado para sobrecarregar o sistema musculoesquelético e estimular o aumento progressivo da força muscular (GARBER et al., 2011). Esse tipo de treinamento é um método eficaz para o desenvolvimento da aptidão musculoesquelética e é recomendado para melhorar a saúde e o desempenho (HENWOOD, 2016).

Contudo, as magnitudes desses ganhos variam consideravelmente



(HENWOOD, 2016). Diferentes protocolos de exercícios são utilizados para provocar tais alterações, que podem ser estimuladas no organismo por diferentes estímulos mecânicos, hormonais e metabólicos (EARP, 2015). Essas variações podem estar relacionadas a diversos aspectos, como protocolos de treinamentos, características da amostra, tempo de intervenção e forma de mensuração dos ganhos de força muscular (FEIEREISEN, 2010). Para aperfeiçoar esses ganhos, é importante compreender a interação entre as variáveis de treinamento como a carga externa, o volume, número de exercícios, número de repetições, duração das repetições, ordem dos exercícios, número de séries, intervalo de recuperação entre as séries e os exercícios (LACERDA *et al.*, 2016).

A carga e número de repetições são prescritos de forma inversamente proporcional para o controle da intensidade no ST e o ajuste da carga na intervenção prática, geralmente, se dá de forma absoluta, em função de um número de repetições máximas (RM) (SIMÃO *et al.*, 2012). A duração da repetição influencia a carga de treinamento (SAKAMOTO; SINCLAIR, 2006) e as adaptações agudas e crônicas decorrentes de um programa de ST (TANIMOTO; ISHII, 2006). Alguns autores sugerem duração da repetição em torno de 5s (BIRD *et al.*, 2005), outros sugerem uma faixa de 2s a 6s (WATANABE *et al.*, 2007). Durações da repetição de 4s e 6s são tradicionalmente recomendadas (NEILS *et al.*, 2005). Um estudo de revisão sistemática e metanálise (SCHOENFELD; OGBORN, KRIEGER, 2015) verificou o tempo de cada fase de execução em oito estudos. As fases de duração de cada ação variaram de 2 a 15s. No entanto, não há justificativa clara para tais recomendações nesses trabalhos.

Contudo, durante a execução do treinamento de uma ou mais RM há um determinado intervalo de tempo percorrido pela produção da força muscular, ou seja, um tempo sob tensão (TUT). Este TUT é proporcional ao número de repetições que se deseja devido à tensão muscular estar relacionada ao produto da força pelo deslocamento (LACERDA *et al.*, 2016). Dessa forma, a relação volume e intensidade também pode ser calculada como o tempo acumulado em que os músculos estão sob tensão durante o período de todas as repetições e não somente ao tempo de cada repetição (BURD, 2012). No entanto, a relação entre o volume de treino e adaptações neuromusculares não está diretamente relacionada (HASS *et al.*, 2000).

Algumas investigações demonstraram que protocolos de treinamento equiparados pelo TUT (volume) com diferentes números e durações de repetição

provocam respostas neuromusculares agudas distintas (LACERDA *et al.*, 2016; TRAN; DOCHERTY; BEHM, 2006). Entretanto, mesmo que o número de repetições e o TUT estejam equiparados, é possível que a resposta neuromuscular seja diferente em indivíduos em diferentes níveis de condicionamento físico e em diferentes exercícios (LACERDA *et al.*, 2016). Em adicional, a execução de exercícios de força em diferentes velocidades pode alterar o TUT e, conseqüentemente, os resultados encontrados. Isso demonstra que o TUT é uma variável importante a ser controlada.

Entretanto, não está claro na literatura qual seria o TUT médio para os exercícios propostos em velocidade máxima, bem como as suas respostas musculares, não havendo consenso nas evidências apresentadas na literatura. O entendimento de definições, princípios e métodos para a prescrição de uma rotina de ST é necessário para uma prescrição segura e eficiente (SIMÃO *et al.*, 2012). Desta forma, é importante obter informações sobre o TUT médio em que os indivíduos realizam os exercícios, bem como a resposta metabólica e a atividade eletromiográfica decorrentes deste tempo. Pelo exposto, o presente estudo tem como objetivo comparar o TUT, a concentração sanguínea de lactato e a atividade eletromiográfica (EMG) entre as execuções de 8, 10 e 12RM no exercício supino reto.

## **MÉTODOS**

### **Sujeitos**

Inicialmente, participaram do estudo 12 militares, que foram sorteados no batalhão no qual prestavam serviço e que foram convidados a participar do estudo. Caso este não estivesse em acordo com a proposta do estudo e com os critérios de inclusão e de exclusão, um novo sorteio era realizado até que se completasse o número desejado. Assim, foram incluídos no estudo indivíduos voluntários, fisicamente ativos, que não apresentaram nenhuma lesão no aparelho osteomioarticular no período da coleta e praticantes de exercícios físicos há no mínimo seis meses com frequência semanal de dois dias. Em contrapartida, foram excluídos do processo de amostragem sujeitos que não estavam em concordância com os termos do compromisso assumido com o pesquisador, que faltaram a algum dia de coleta ou que, por ventura, se sentiram incomodados com qualquer

procedimento proposto no decorrer da pesquisa, indivíduos com alguma algia que pudesse interferir na correta execução do exercício ou PAR-Q positivo (SHEPHARD, 1988). Assim, os participantes que atenderam aos critérios foram incluídos no estudo. No entanto, um participante foi intimado a prestar serviço em escala não condizente com as requeridas pelos critérios de inclusão e foi retirado do estudo. Para a caracterização da amostra, utilizou-se dados da massa corporal, através de uma balança mecânica (Filizolla®, Brasil) e da estatura, através de um estadiômetro portátil (Seca®, Baystate Scale & Systems, USA). O protocolo adotado para estimar o percentual (%) de gordura foi o de três dobras cutâneas proposto por Jackson e Pollock (1978). O presente estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos do Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE/UERJ), parecer número 1.823.683. Assim, todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e ficaram cientes dos procedimentos do estudo.

### **Procedimentos Preliminares**

As informações sobre os padrões das técnicas de execução do exercício proposto foram passadas aos indivíduos participantes do estudo assim como educativos acerca da correta execução. O exercício utilizado no presente estudo foi o supino reto. A posição do indivíduo no exercício supino reto, realizado no aparelho Smith (Righetto, High On, Brasil), foi em decúbito dorsal, com os dois pés no chão, coluna com as curvaturas fisiológicas preservadas, estando os ombros em abdução de 90° e cotovelos em flexão de 90°. Nessa posição, a face posterior do braço tocou uma corda sustentada por dois cavaletes que foi limitador da amplitude inferior. Na execução do exercício, foram realizados os movimentos adução horizontal dos ombros, abdução da cintura escapular e completa extensão do cotovelo até 0°. Este, o ponto final, foi marcado por uma etiqueta posicionada na barra de sustentação do aparelho Smith para servir de limite da execução, sendo observado para falha do movimento. A retirada do dorso do banco e/ou perda de contato dos pés com o solo também finalizava o exercício (MONTEIRO *et al.*, 2016).

### **Determinação da Sobrecarga de RM**

Os testes de 8, 10 e 12RM tiveram como finalidade realizar as respectivas repetições consecutivas com o máximo de sobrecarga, na maior velocidade possível

(SIMÃO *et al.*, 2012). Os testes de RM foram realizados em dias diferentes com no mínimo 48h de intervalo entre eles.

O teste foi interrompido no momento em que os avaliados executassem o movimento com a técnica incorreta e/ou quando ocorreram falhas concêntricas voluntárias em RM. Visando reduzir a margem de erro nos testes, foram adotadas as seguintes estratégias: (a) instruções padronizadas foram fornecidas antes do teste, de modo que o avaliado esteja ciente de toda a rotina que envolverá a coleta de dados; (b) o avaliado foi instruído sobre a técnica de execução dos exercícios; (c) o avaliador esteve atento quanto à posição adotada pelo praticante no momento do teste, pois pequenas variações no posicionamento das articulações envolvidas no movimento poderiam acionar outros músculos, levando a interpretações errôneas dos escores obtidos; (d) estímulos verbais foram realizados com o intuito de manter o nível de motivação elevado (PAZ *et al.*, 2016).

Os intervalos entre as tentativas em cada exercício durante o teste de RM foram fixados em cinco minutos. Os indivíduos foram orientados a não ingerir qualquer substância estimulante (caféina ou álcool) e a não realizar atividade física no dia anterior ou no dia dos testes. As técnicas de execução dos exercícios foram padronizadas e seguidas em todos os testes (SCUDESE *et al.*, 2015).

### **Tempo sob Tensão**

A cronometragem do tempo sob tensão de cada sujeito, em cada exercício, foi verificada na execução para 8, 10 e 12RM utilizando a técnica de contagem de tempo por meio de cinematria com o software KINOVEA 8.15 (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ *et al.*, 2014).

Para verificação do momento de início e término do movimento, assim como o comportamento da cinemática angular e linear articular, foram afixados marcadores reflexivos nos punhos, cotovelos e ombros, garantindo assim o padrão de movimento. As imagens foram adquiridas por uma câmera (Sony, Japão) posicionada em um tripé no plano frontal, de forma que permitisse a visualização total do movimento.

### **Protocolos Experimentais**

O protocolo experimental para cada número de repetições (8, 10 e 12RM) foi realizado em dias diferentes, com no mínimo 48h de intervalo entre eles e também

não antes de 48h após os testes de RM. Quatro avaliadores acompanharam a coleta de dados: a) avaliador da execução (responsável pela verificação do padrão do movimento, pelo incentivo ao participante e pela validação da coleta); b) avaliador do EMG (responsável pela fixação dos eletrodos e manipulação da instrumentação); c) avaliador câmera (responsável pela filmagem e posterior análise das filmagens); d) avaliador sanguíneo (responsável pela coleta e análise do sangue). Antes da aplicação do protocolo, os participantes realizaram um aquecimento de uma série de 15 repetições com 50% da carga obtida no teste de RM, adotando-se intervalo de três minutos antes de iniciar o protocolo. Os indivíduos foram orientados a realizar o exercício na maior velocidade possível.

O teste de Shapiro Wilk determinou normalidade no TST verificado pelo grupo, permitindo a utilização da média para o protocolo experimental. Desta forma, cada participante realizou o exercício posteriormente com a carga obtida no teste, desta vez sendo solicitado que realizasse quantas repetições conseguisse no TST médio alcançado pelo grupo no dia do protocolo preliminar.

O exercício foi realizado seguindo o mesmo padrão de movimento utilizado no teste de sobrecarga a fim de verificar se este reflete o mesmo número de repetições realizadas anteriormente. O sinal EMG, correspondente ao tempo sob tensão de 8, 10 e 12RM, foi verificado e amostras de sangue foram coletadas no momento antes do exercício (P0) e 30 segundos após (P30) para a verificação do estresse metabólico muscular.

### **Atividade Eletromiográfica**

Os sinais EMG de superfícies foram captados utilizando um eletromiógrafo de 8 canais (EMGSystem do Brasil Ltda., São Paulo, Brasil), com ganho total de 1000, rejeição de modo comum de 110dB e filtro passa-banda de 8-500Hz, digitalizado para um computador através de uma placa de conversão A/D de 16 bits de resolução, e na frequência de amostragem de 1000Hz. O sinal EMG foi captado através de eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl com área de captação de 1 cm e distância intereletrodos de 2 cm. Os eletrodos foram posicionados no músculo peitoral maior parte clavicular (PC) e esternocostal (PE), tríceps braquial (TB) e deltóide clavicular (DC).

Antes da colocação dos eletrodos, foram realizadas tricotomia, abrasão e posterior assepsia da pele com algodão embebido em álcool. O eletrodo de

referência foi acoplado na clavícula. Tanto os eletrodos de registro quanto o eletrodo de referência foram fixados por fita adesiva de acordo com as recomendações da Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia (MERLETTI, 1999). A fim de garantir a qualidade do sinal obtido, o mesmo foi tratado no Software MyoResearch XPTM (NORAXON INC., USA) e apresentado como Root Mean Square (RMS). Para a normalização do sinal foi utilizada a técnica da Média do Sinal EMG. Este valor é caracterizado pela média do sinal RMS de cada sujeito nos três protocolos. A este atribui-se 100%, então, todo o sinal EMG é normalizado por esse valor (BURDEN; BARLETT, 1999).

### **Lactato**

Para a mensuração da concentração sanguínea dos níveis de lactato, foi utilizado um lancetador (Roche, Accutrend, Switzerland) com lancetas descartáveis para realizar uma perfuração na falange distal do dedo indicador direito, após este ser limpo com álcool. Este procedimento permitiu a colocação de uma gota de sangue em uma tira reagente (Roche, BM-Lactate, Switzerland) colocada em um lactímetro portátil (Roche, Accutrend Plus, Switzerland). As coletas foram realizadas antes (Lpré) e 30 segundos após o exercício supino reto (Lpós). Os valores são apresentados por mmol/l.

### **Procedimentos Estatísticos**

A normalidade e a homogeneidade de variância dos dados da amostra foram analisadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. A análise de variância One-way (ANOVA) foi utilizada para as comparações entre as séries de exercícios, seguida do *post hoc* de Bonferroni para identificar as possíveis diferenças entre o TST, atividade eletromiográfica e a concentração sanguínea de lactato. Quando alguma variável do estudo não apresentou uma distribuição próxima da curva Normal, foi utilizado o ajustamento de comparações múltiplas de Bonferroni. A estatística descritiva foi apresentada como média, desvio padrão e valores mínimos e máximos. Com o propósito de manter a cientificidade da pesquisa, o presente estudo admitiu o nível de significância de  $p < 0,05$ .

## **RESULTADOS**

A amostra do presente estudo foi composta por 11 militares do sexo masculino, cujas características estão apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Características da amostra (n = 11)

	Mean	SD	Maximum	Minimum	p-valor (SW)
Idade	19,09	0,30	20,00	19,00	0,98
Massa Corporal	67,89	6,60	79,75	58,50	0,13
Estatura	1,71	0,05	1,75	1,63	0,30
IMC	23,38	2,46	27,36	19,10	0,14
% de Gordura	7,99	1,61	10,30	4,40	0,16
SC 8RM	68,86	5,05	80,00	62,50	0,33
SC 10RM	61,18	6,88	70,00	45,00	0,69
SC 12RM	53,86	7,45	67,50	40,00	0,28

SD = Desvio Padrão; IMC = Índice de Massa Corporal; % = percentual; SC = Sobrecarga de teste; SW= Shapiro Wilk.

A ANOVA com medidas repetidas mostrou uma interação entre as variáveis do estudo para o grupo supino reto (Wilk's Lambda = 0,141; F = 24,094; p-valor =  $p < 0,001$ ). A tabela 2 apresenta os dados da sobrecarga de teste, tempo sob tensão e número de repetições realizadas no supino reto. A sobrecarga (SC) encontrada no protocolo de 12RM foi significativamente maior a verificada no protocolo de 10RM ( $p = 0,041$ ) e a verificada no protocolo de 8RM ( $p < 0,001$ ). O protocolo de 10RM também apresentou média de sobrecarga maior do que o de 8RM ( $p = 0,030$ ). O TST12 foi significativamente maior que o de TST8 ( $p = 0,000$ ) e do que o de TST10 ( $p < 0,001$ ). Diferença significativa também foi verificada para o TST10 comparado ao TST8 ( $p < 0,001$ ). No protocolo experimental, foi possível observar que o número de repetições realizadas com o TST médio da amostra representou os mesmos valores de repetições com a sobrecarga individual do teste de RM.

**Tabela 2.** Resultados da sobrecarga de teste em kg (SC), tempo sob tensão em segundos (TST) e número de repetições realizadas no protocolo experimental para 8, 10 e 12 RM no grupo supino reto (REP).

	Mean	SD
SC8	68.86 <sup>*,#</sup>	5.05
SC10	61.18 <sup>#</sup>	6.88
SC12	53.86	7.45
TST8	14.22 <sup>*,#</sup>	0.74
TST10	17.18 <sup>#</sup>	0.77
TST12	20.66	1.64
REP8	8.09 <sup>*,#</sup>	0.94
REP10	10.00 <sup>#</sup>	0.63
REP12	12.09	0.83

DP = Desvio Padrão; \* diferença significativa para SC10; <sup>#</sup> diferença significativa para SC12; \* diferença significativa para TST10; <sup>#</sup> diferença significativa para TST12; \* diferença significativa para REP10; <sup>#</sup> diferença significativa para REP12.

A tabela 3 apresenta os resultados do comportamento da variável lactato no exercício supino reto. Todas as médias dos níveis de lactato sanguíneo pós protocolo experimental foram significativamente maiores do que o pré para 8, 10 e 12 RM ( $p < 0,001$ ). A média do LP12 foi maior comparada ao LP10 ( $p = 0,041$ ) e ao LP8 ( $p < 0,001$ ), assim como, o LP10 foi maior que o LP8 ( $p = 0,042$ ).

**Tabela 3.** Média dos níveis de lactato sanguíneo pré e pós protocolo experimental em mmol/l no exercício supino reto.

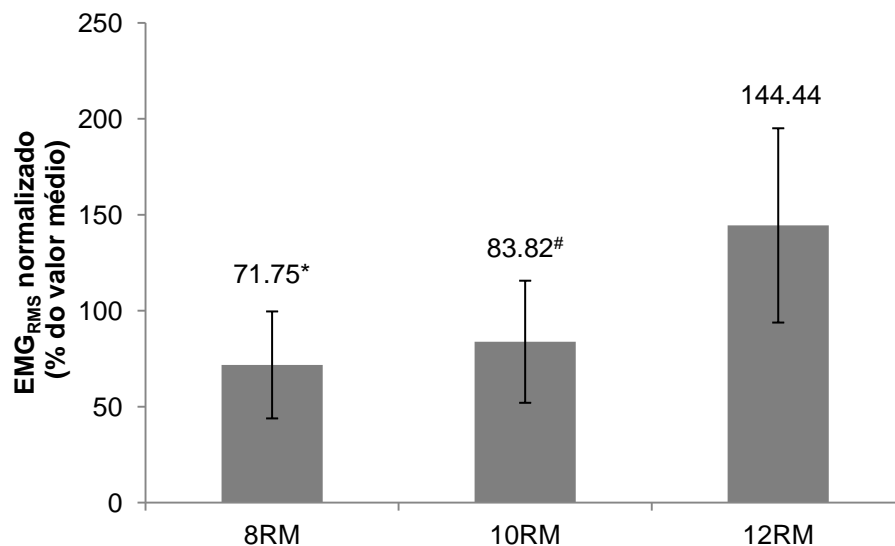
	Mean	SD
LACPré	3.75 <sup>†</sup>	0.24
LACP8	7.89 <sup>*,#</sup>	1.88
LACP10	10.01 <sup>#</sup>	2.07
LACP12	12.14	2.08

DP = Desvio Padrão; <sup>†</sup> diferença significativa para LP8,10 e 12; \* diferença significativa para LACP10; <sup>#</sup> diferença significativa para LACP12.

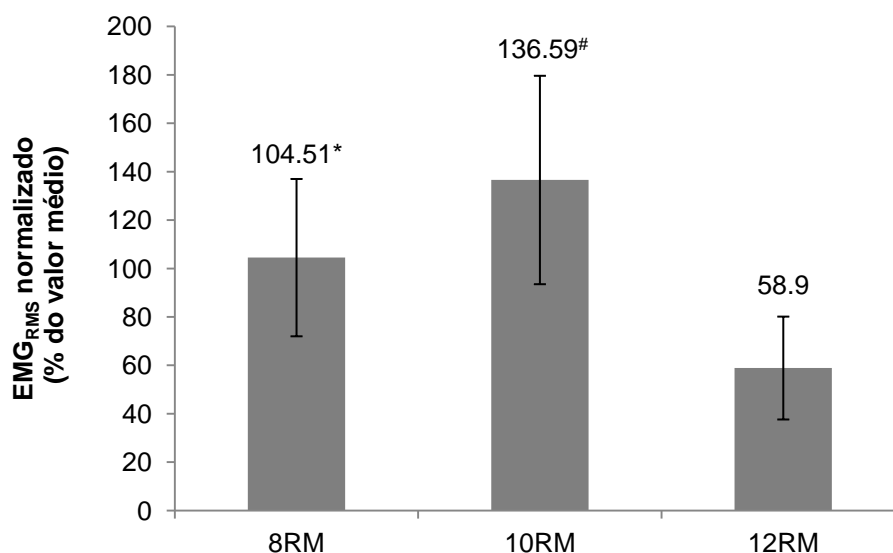
As figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam os resultados da atividade eletromiográfica dos músculos PME, PMC, DA e TB, respectivamente. O PME apresentou maior atividade eletromiográfica no protocolo de 12RM comparado com ao de 8RM ( $p = 0,000$ ) e ao de 10RM ( $p = 0,002$ ). No entanto não se observou diferença entre os protocolos de 8RM e 10 RM. Esta diferença também foi verificada para o músculo



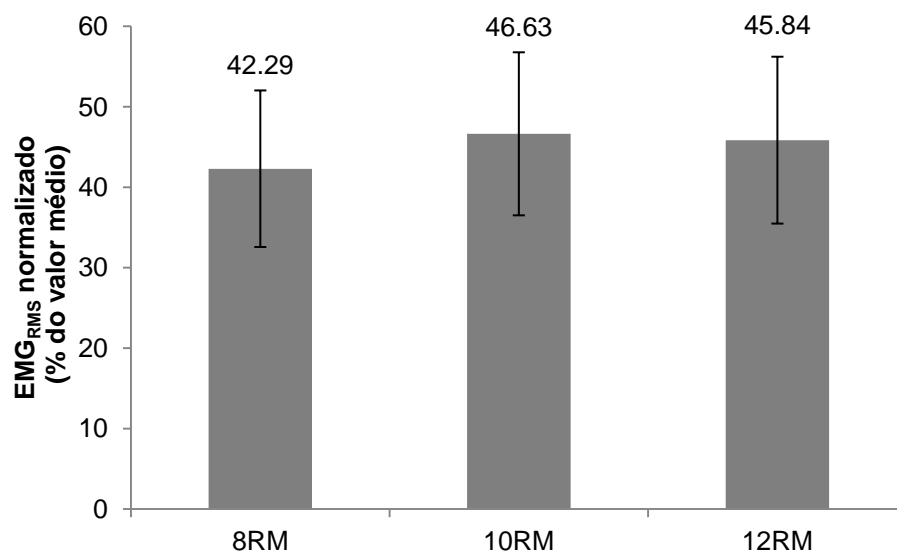
PMC no protocolo de 12RM comparado com ao de 8RM ( $p=0,010$ ) e ao de 10RM ( $p < 0,001$ ). Não foram verificadas diferenças significativas para os músculos DA e TB entre os protocolos.



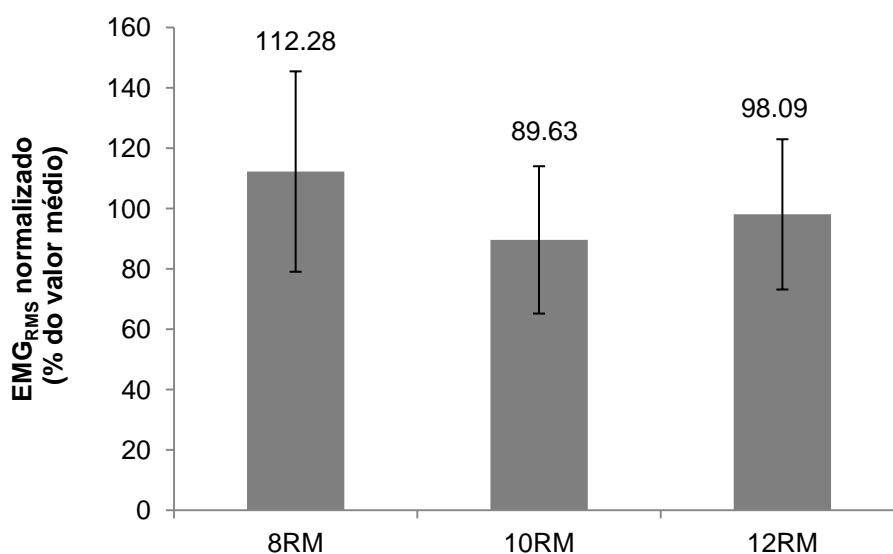
**Figura 1.** Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo peitoral maior parte esternocostal (PME). \* diferença significativa para 12RM; # diferença significativa para 12RM.



**Figura 2.** Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo peitoral maior parte clavicular (PMC). \* diferença significativa para 12RM; # diferença significativa para 12RM.



**Figura 3.** Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo deltoide anterior (DA).



**Figura 4.** Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo tríceps braquial (TB).

## DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que o TST de 12RM foi significativamente maior que o de 8RM e que o de 10RM, assim como este último foi maior que o de 8RM. As respostas de lactato também acompanharam este fenômeno com a mesma relação entre os protocolos. Na medida em que o número de repetições aumentou, o TST também aumentou por consequência, visto que os

protocolos de 8, 10 e 12RM foram realizados na maior velocidade possível. Assim, maiores níveis sanguíneos de lactato foram encontrados no TST mais longo (12>10>8RM). Esses resultados confirmam o pressuposto de que o volume de treinamento é importante agente causador de estresse metabólico, corroborando com os estudos de Fink (2016), Henselmans e Schoenfeld (2014) e Schoenfeld (2013). A atividade EMG dos músculos do peitoral maior (clavicular e esternocostal) apresentaram diferença significativa para 12RM comparado ao protocolo de 8 e 10RM em acordo com Lacerda *et al.* (2016). No entanto, os músculos deltoide e tríceps não apresentaram diferença na resposta EMG.

Diferentes velocidades de execução podem gerar mudanças na mensuração de intensidade e nos resultados. Keller *et al.* (2001) observaram um aumento nos ganhos agudos na produção de força 8 e 12 repetições realizadas com o TST total em 48 e 72s, respectivamente, sendo 2s na fase concêntrica (FC) e 4s na fase excêntrica (FE) quando comparado com a velocidade superlenta, com o TST total de 120 e 160s, respectivamente, sendo 10s na FC e 5s na FE, em mulheres sedentárias no supino horizontal. Tais resultados se contrapõem aos achados do presente estudo, que verificou um TST menor para homens fisicamente ativos para 8 e 12 RM no supino reto. Os resultados diferentes do TST se explicam pelo fato de que os protocolos realizados foram executados em velocidades diferentes, pois Keller *et al.* (2001) usaram cadências controladas e o presente estudo usou velocidade máxima. Os ganhos de força e hipertrofia podem também ser explicados pelo fato de Keller *et al.* (2001) terem usado mulheres sedentárias em sua amostra e este protocolo utilizar homens, além de ter sido realizado de forma longitudinal.

Haua *et al.* (2014) verificaram o tempo sob tensão de  $18,67 \pm 2,05$ s para 10RM no exercício remada aberta em 18 homens experientes em treinamento de força também divergindo com os achados pelo presente estudo. Esses resultados sugerem que o TST pode variar tanto por conta do número de repetições realizadas em um mesmo exercício, como também pelo tipo de exercícios. Dessa forma, este resultado ressalta a necessidade de se verificar o TST para cada exercício e para cada grupo muscular. O tamanho do segmento corporal pode influenciar no deslocamento e por consequência na velocidade e no TST na execução do exercício.

Lamas *et al.* (2007) verificaram as respostas do treinamento de força comparado ao treinamento de potência, ambos feitos na maior velocidade possível.

O grupo de treinamento de força (TF) realizou agachamento com cargas entre 60 e 95% de 1RM, enquanto o grupo de treinamento de potência (TP) realizou agachamento com cargas entre 30 e 60% de 1RM. Ambos os protocolos foram realizados na maior velocidade possível. Apesar de não verificar o TST diretamente e ao considerar que a intensidade da carga empregada no TP permite alcançar velocidades mais elevadas, observaram que o TP obteve um menor TST quando comparado ao TF. Contudo, não foi observada diferença significativa no aumento de força máxima e hipertrofia entre os protocolos. Tais resultados sugerem que o grau de tensão muscular em que o grupo muscular está sendo submetido no momento da frenagem do movimento é bastante elevado ao ponto de estimular hipertrofia muscular com o treinamento de potência. Sendo assim, esse resultado sugere que a velocidade desses dois protocolos pode ter sido um fator para que os resultados tenham sido similares.

Ao considerar que os níveis de lactato sugerem intenso trabalho metabólico e por consequência hormonal (TANIMOTO; ISHII, 2006) e que a magnitude dessas respostas hormonais ao exercício de força pode ser determinada pela manipulação aguda das variáveis, sendo proporcional à intensidade do programa de treinamento (EKLUND *et al.*, 2016), os resultados do presente estudo divergem com os achados por Lamas *et al.* (2007), pois, maiores níveis de lactato sanguíneo foram verificados a medida que o TST aumentava e SC diminuía. No entanto, o presente estudo utilizou intensidades máximas enquanto o estudo realizado pelos autores citados usou sobrecargas submáximas.

Martins-Costa *et al.* (2016) analisaram o efeito de diferentes TST nas respostas do lactato sanguíneo no exercício de supino. Quinze voluntários do sexo masculino treinados de forma recreativa completaram dois protocolos de treinamento consistido em 3 sets de 6 repetições, com 3 minutos de intervalo entre elas, a 60% de 1RM. Um dos protocolos foi realizado na cadência 2/2, enquanto que o segundo protocolo teve cadência 2/4. Os resultados mostraram maiores níveis de lactato no protocolo com maior TST. Esses resultados estão em acordo com os verificados pelo presente estudo que verificou maiores concentrações sanguíneas de lactato no TST mais elevado ( $p < 0.001$ ). Estes resultados reforçam a ideia de que o aumento do volume de treinamento pelo TST promove maior estresse metabólico em intensidades de carga equiparadas.

Headley *et al.* (2011) avaliaram 17 homens treinados que realizaram o teste

de 1RM na cadencia 2/2 e 2/4 no exercício supino reto. Com a carga estabelecida os sujeitos realizaram quatro séries do exercício com um minuto de intervalo entre elas. A primeira série consistiu de 4 repetições a 55% de 1RM, a segunda de 5 repetições a 60% de 1RM e a terceira e quarta de 6 repetições a 65% e 7 repetições a 75% de 1RM, respectivamente. Amostras de sangue foram coletadas de 30 a 60 segundos aproximadamente após o exercício para verificação do estresse metabólico. Os autores não verificaram diferença significativa nas respostas de lactato sanguíneo entre os protocolos divergindo dos resultados encontrados pelo presente estudo. No entanto, no estudo de Headley *et al.* (2011), as cargas de 1RM para 2/2 foram significativamente maiores que a de 2/4 o que pode ter equiparado a relação TST/Intensidade de carga nas séries. Em adicional, os resultados distintos também podem ser explicados pelo fato do estudo citado ter utilizado cargas relativizadas em 1RM e quatro séries enquanto o presente estudo usou cargas absolutas de RM e uma única série.

Lacerda *et al.* (2016) compararam os níveis sanguíneos de lactato e a resposta eletromiográfica de músculos envolvidos no exercício supino reto (peitoral maior, deltoide anterior e tríceps braquial) em dois protocolos de treinamento, ambos com intervalo entre as séries de 3min e intensidade relativa de 60% de uma repetição máxima (1RM). Um protocolo consistiu na realização de 3 séries de 12 repetições a uma duração da repetição de 3s, enquanto que o outro protocolo consistiu na execução de 3 séries de 6 repetições, com duração da repetição de 6s. Nos dois protocolos, os participantes mantiveram a execução do exercício com um TST equiparado em 108 segundos. Os autores verificaram maiores concentrações de lactato sanguíneo no protocolo com o maior número de repetições. Estes resultados encontrados por Lacerda *et al.* (2016) reafirmam o pressuposto de que o trabalho mecânico das contrações também é importante para as adaptações musculares (HEADLEY *et al.*, 2011).

Lacerda *et al.* (2016) também verificaram que o protocolo com maior número de repetições e menor duração da repetição produziu uma maior amplitude do sinal eletromiográfico em todos os músculos avaliados no decorrer das três séries do exercício supino reto ( $p < 0,05$ ). No entanto, no presente estudo só foram verificadas diferenças significativas no exercício supino reto, à medida que o número de repetições aumentava, nos músculos do peitoral maior, contudo, diferentemente dos resultados verificados por Lacerda *et al.* (2016) a ativação do peitoral maior parte

clavicular diminui.

Martins-Costa *et al.* (2016) também observaram aumento da ativação muscular (RMS normalizado) para o peitoral maior ( $p < 0,001$ ) e tríceps braquial ( $p < 0,004$ ) no protocolo com repetições com 6s comparado a 4s divergindo dos achados pelo presente estudo que não verificou a mesma situação para o tríceps braquial. Os resultados distintos dos três estudos podem ser explicados pelo fato do presente estudo ter utilizado cargas máximas, sugerindo, que esta porção do peitoral maior, por ser de volume menor, pode ter sofrido fadiga. Esta hipótese pode ser sustentada pelo fato do peitoral maior parte esternocostal ter aumentado sua ativação, muito provavelmente para suprir a maior demanda. Outra justificativa para os resultados distintos pode estar no fato do presente estudo ter utilizados homens fisicamente ativos e os outros indivíduos treinados.

Tran, Docherty e Behm (2006) avaliaram a fadiga em três protocolos de TF manipulando TST, volume de carga e cadência no exercício de flexão de cotovelos em 18 homens universitários praticantes de treinamento de força há no mínimo um ano. O protocolo A consistiu na realização do exercício com cadência de 5/2. O protocolo B envolveu o mesmo volume de carga (número de repetições x sobrecarga) do protocolo A, mas com cadência 2/2. O protocolo C foi equiparado ao protocolo A para a TST, mas com cadência 10/4 e volume de carga menor. Ambos os protocolos foram realizados com 90% da carga para 10RM. A fadiga foi avaliada por alterações na contração isométrica voluntária (MVIC), através da técnica de interpolação de pulso elétrico (Twitch Interpolation – TIP) e características da contração muscular (Pico de contração muscular, tempo do pico de contração muscular, taxas médias de desenvolvimento de força e relaxamento de contração). Uma diminuição significativa foi detectada para o desenvolvimento da força isométrica dos valores pré-pós-protocolo ( $p < 0,05$ ). Todos os protocolos resultaram em diminuição no pico de saída da força isométrica dos valores pré e pós-protocolo ( $p < 0,05$ ). A produção de força seguindo o protocolo A, que envolveu grande volume de carga e alto TST, diminuiu 19,2%, que foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) do que a redução de força observados no protocolo B (TST reduzido). O protocolo C, com uma carga de volume menor, resultou em uma redução de 15,0 na força, mas não foi significativamente diferente do protocolo A ou B. Esses resultados corroboram com o presente estudo que verificou uma redução na atividade muscular do vasto lateral e de reto femoral no exercício agachamento em maiores TST. Esse

parâmetro muscular associado aos níveis elevados de lactato sugere hipoteticamente estado de fadiga.

O presente estudo utilizou um n amostral relativamente pequeno, o que pode ser considerado como uma limitação do estudo. No entanto, a complexidade do protocolo experimental dificulta a utilização de um n amostral muito grande.

## **CONCLUSÃO**

Como os resultados obtidos no presente estudo, foi possível contemplar o objetivo proposto. O TST para as execuções de 8, 10 e 12RM puderam ser descritas bem como a resposta muscular (EMG e LAC) equivalente a ele. Diferenças significativas foram verificadas entre as variáveis TST, SC e LAC para todos os protocolos em ordem crescente ao número de repetições. No exercício supino reto, em intensidades altas e baixo TST a porção esternocostal do peitoral maior parece estar mais ativa. Em intensidades baixas e TST alto a porção clavicular do peitoral maior indicou maior trabalho muscular. Sendo assim, ao enfatizar o trabalho destes músculos, esses pressupostos podem ser utilizados.

Desta forma, o controle da relação volume/intensidade e a prescrição nas faixas de repetição dos exercícios propostos pelo estudo podem ser realizados baseados no TST. Assim, resultados do treinamento também podem ser avaliados e reavaliados levando em conta esta variável de modo que ganhos de força podem ser relacionados à diminuição do TST ou aumento do número de repetições em um mesmo TST nestes exercícios.

Novos estudos são sugeridos com a mesma temática do presente estudo, verificando as relações aqui apresentadas em outros exercícios, bem como em populações com características distintas.

## **REFERÊNCIAS**

Balsalobre-Fernández, C, Tejero-González, CM, Campo-Vecino, J, and Bavaresco, N. The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *J Strength Cond Res* 28: 528-533, 2014.

Bird, SP, Tarpenning, KM, and Marino, FE. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Med* 35: 841-851, 2005.

Burd, NA, Andrews, RJ, West, DW, Little, JP, Cochran, AJ, Hector, AJ, Cashaback, JG, Gibala, MJ, Potvin, JR, Baker, SK, and Phillips, SM. Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *J Physiol* 590: 351-362, 2012.

Burden, A, and Bartlett, R. Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. *Med Eng Phys* 21: 247-257, 1999.

Conselho Nacional De Saúde (Brasil). Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 12, p. 59, jun. 2013.

Earp, JE, Newton, RU, Cormie, P, and Blazevich, AJ. Inhomogeneous quadriceps femoris hypertrophy in response to strength and power training. *Med Sci Sports Exerc* 47: 2389-2397, 2015.

Eklund, D, Schumann, M, Kraemer, WJ, Izquierdo, M, Taipale, RS, and Häkkinen, K. Acute endocrine and force responses and long-term adaptations to same-session combined strength and endurance training in women. *J Strength Cond Res* 30: 164-175, 2016.

Feiereisen, P, Vaillant, M, Eischen, D, and Delagardelle, C. Isokinetic versus one-repetition maximum strength assessment in chronic heart failure. *Med Sci Sports Exerc* 42: 2156-2163, 2010.

Fink, J, Kikuchi, N, and Nakazato, K. Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. *Clin Physiol Funct Imaging* 2016.

Garber, CE, Blissmer, B, Deschenes, MR, Franklin, BA, Lamonte, MJ, Lee, IM, Nieman, DC, Swain, DP, and American College of Sports Medicine. 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: 1334-1359, 2011.

Hass, CJ, Garzarella, L, Hoyos, D, and Pollock, ML. Single versus multiple sets in long-term recreational weightlifters. *Med Sci Sports Exerc*, v. 32, p. 235-242, 2000.

Haua, R, Paz, GA, Maia, MF, Lima, VP, Cader, AS, and Dantas, EHM. The effect of antagonist proprioceptive-3S neuromuscular facilitation on determining the loads of 10RM test. *Rev Bras Ciênc Saúde* 11: 1-7, 2014.

Headley, SA, Henry, K, Nindl, BC, Thompson, BA, Kraemer, WJ, and Jones, MT. Effects of lifting tempo on one repetition maximum and hormonal responses to a bench press protocol. *J Strength Cond Res* 25: 406-413, 2011.



Henselmans, M, and Schoenfeld, BJ. The effect of inter-set rest intervals on resistance exercise-induced muscle hypertrophy. *Sports Med* 44: 1635-1643, 2014.

Henwood, T. Using evidence in practice: the role of resistance training in avoiding aged care. *J Aging Phys Act* 24: S96-S96, 2016.

Jackson, AS, and Pollock, ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 40: 497-504, 1978.

Keeler LK, Finkelstein LH, Miller W, Fernhall B. Early-phase adaptations of traditional-speed vs superslow resistance training on strength and aerobic capacity in sedentary individuals. *J Strength Cond Res* 15: 309-314, 2001.

Lacerda, LT, Martins-Costa, HC, Diniz, RC, Lima, FV, Andrade, AG, Tourino, FD, Bembem, MG, and Chagas, MH. Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. *J Strength Cond Res* 30: 251-258, 2016.

Lamas, L, Ugrinowitsch, C, Campos, GER, Aoki, MS, Fonseca, R, Regazzini, M, Moriscot, AS, and Tricoli, V. Strength training x power training: performance changes and morphological adaptations. *Rev Bras Educ Fís Esp* 21: 331-340, 2007.

Martins-Costa, HC, Diniz, RCR, Lima, FV, Machado, SC, Almeida, RSV, Andrade, AGP, and Chagas, MH. Longer repetition duration increases muscle activation and blood lactate response in matched resistance training protocols. *Motriz Rev Educ Fís* 22: 35-41, 2016.

Merletti, R. Standards for reporting EMG data. *J Electromyogr Kinesiol*, 1999.

Monteiro, ER, Melo, LB, Gomes, TG, Dias, IBF, Paz, GA, Salles, BF, and Miranda, HL. Effect of segment alternated sets order compared to traditional sets on maximum repetitions performance in distinct body segments. *Rev Bras Prescr Fisiol Exercício* 9: 519-525, 2016.

Paz, G, Robbins, DW, Oliveira, CG, Bottaro, M, and Miranda, H. Volume load and neuromuscular fatigue during an acute bout of agonist-antagonist paired-set versus traditional-set training. *J Strength Cond Res*, 2016.

Sakamoto, A, and Sinclair, PJ. Effect of movement velocity on the relationship between training load and number of repetitions of bench press. *J Strength Cond Res* 20: 523-527, 2006.

Schoenfeld, BJ. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Med* 43: 179-194, 2013.

Schoenfeld, BJ, Ogborn, DI, and Krieger, JW. Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 45: 577-585, 2015.

Scudese, E, Willardson JM, Simão R, Senna G, Salles BF, and Miranda, H. The effect of rest interval length on repetition consistency and perceived exertion during near maximal loaded bench press sets. *J Strength Cond Res* 29: 3079-3083, 2015.

Shephard, RJ. PAR-Q: Canadian home fitness test and exercise screening alternatives. *Sports Med* 5: 185-195, 1988.

Simão, R, Salles, BF, Figueiredo, T, Dias, I, and Willardson, JM. Exercise order in resistance training. *Sports Med* 42: 251-265, 2012.

Tanimoto, M, and Ishii, N. Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. *J Appl Physiol* 100: 1150-1157, 2006.

Tran, QT, Docherty, D, and Behm, D. The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. *Eur J Appl Physiol* 98: 402-410, 2006.

Vale, RGS, and Rodrigues, VF. Efectos del entrenamiento de fuerza sobre los niveles de IGF-1 y autonomía funcional de adultos mayores. *Revista Ciencias de la Actividad Física UCM* 15: 35-42, 2014.

**APÊNDICE G** – Artigo do objetivo específico 2

**Fase:** Em redação para submissão

**Journal:** *International Journal of Sports Physiology and Performance*

**1. Title of the article:** Comparison of time under tension, electromyographic activity and lactate required to perform 8, 10 and 12RM in the squat exercise

**2. Submission type:** Original Investigation

**3. Full names of the authors and institutional/corporate affiliations:**

Jurandir Baptista da Silva<sup>1,2</sup>

Vicente Pinheiro Lima<sup>1,2</sup>

Jefferson da Silva Novaes<sup>3</sup>

Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes<sup>1</sup>

Juliana Brandão Pinto de Castro<sup>1</sup>

Rodrigo Gomes de Souza Vale<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Postgraduate Program in Exercise and Sport Sciences, Institute of Physical Education and Sports, State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

<sup>2</sup> Bidesp Institute, Center for Research in Exercise, Rehabilitation and Performance, Rio de Janeiro, Brazil

<sup>3</sup> School of Physical Education and Sports, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

**4. Contact details for the corresponding author:**

Juliana Brandão Pinto de Castro

Rua São Francisco Xavier, 524, Pavilhão João Lira Filho, Bloco F, 9th floor, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, zip-code: 20550-900

Email: julianabrandaoflp@hotmail.com

**5. Preferred running head:** Comparison of variables in 8, 10 and 12RM

**6. Abstract word count:** \_\_\_\_\_ words.

**7. Text-only word count:** \_\_\_\_\_ words.

**8. Number of figures and tables:** 4 figures and 3 tables.

## RESUMO

**Propósito:** Comparar do tempo sob tensão, atividade eletromiografica e lactato na realização de 8, 10 e 12 repetições máximas no exercício agachamento.

**Métodos:** Dez militares do sexo masculino (idade:  $18,90 \pm 0,32$  anos; estatura:  $1,73 \pm 0,05$  metros; massa corporal:  $67,55 \pm 4,96$  kg; percentual de gordura:  $6,54 \pm 1,87$ ) realizaram o exercício agachamento. O TST para 8, 10 e 12 RM foi verificado através da cinemetria. Após 48h, os participantes realizaram os exercícios com o TST e a carga obtida nos testes. Foram verificados o número de repetições realizadas, a EMG e o LAC. A Anova seguida do post hoc de Bonferroni foi usada para comparações entre as séries de exercícios.

**Resultados:** Foram encontradas diferenças significativas nas variáveis TST e LAC ( $p < 0,05$ ) em ordem crescente ao número de repetições ( $8 < 10 < 12$ RM). A atividade EMG apresentou uma redução significativa da ativação do reto femoral para os protocolos de 10 e 12 RM, assim como na ativação do vasto lateral para os protocolos de 8 e 12 RM.

**Conclusão:** O controle da relação volume/intensidade e a prescrição nas faixas de repetição dos exercícios propostos pelo estudo podem ser realizados baseados no TST.

**Palavras-chave:** Strength Training, Blood, Lower Extremity, Exercise Intensity, Military Personnel

## INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF) vem sendo praticado não só por atletas em busca de ganhos no desempenho esportivo, mas também por indivíduos que tem como objetivo a melhora nas atividades de vida diária (FLECK; KRAEMER, 2014). Dessa forma, o TF é usualmente aplicado para sobrecarregar o sistema musculoesquelético e estimular o aumento progressivo da força muscular (ACSM, 2013). Esse tipo de treinamento é estabelecido como um método eficaz para o desenvolvimento da aptidão musculoesquelética e é recomendado para melhorar a saúde e o desempenho (HENWOOD, 2016). No entanto, a relação entre o volume de treino e adaptações neuromusculares não está diretamente relacionada

(CARPINELLI; OTTO, 1998; HASS *et al.*, 2000).

Algumas investigações demonstraram que protocolos de treinamento equiparados pelo tempo sob tensão (TST) (volume) com diferentes números e durações de repetição provocam respostas neuromusculares agudas distintas, como níveis sanguíneos de lactato e atividade eletromiográfica, e alterações no mecanismo de produção de força (LACERDA *et al.*, 2016; TRAN; DOCHERTY; BEHM, 2006). Uma explicação para estes resultados pode estar associada ao estímulo mecânico, ou seja, às contrações musculares, pois o estímulo mecânico também é responsável pelo desenvolvimento e manutenção muscular. Mudanças em sua magnitude podem gerar resultados distintos (GEHLERT *et al.*, 2015).

A realização de protocolos com diferentes números de repetições apresenta diferenças nas características mecânicas, fator que também tem sido associado com respostas crônicas obtidas ao TF (MOHAMAD *et al.*, 2012). Sendo assim, o aumento do número de repetições é um fator importante para induzir adaptações neuromusculares (EARP *et al.*, 2015). Todavia, no treinamento com repetições máximas (RM), menor número de repetições possibilita mobilizar maiores sobrecargas para realizar o exercício. À medida que as repetições aumentam, esta relação se inverte, por conta da interdependência volume/intensidade (SIMÃO *et al.*, 2012). Contudo, os principais achados do estudo realizado por Silva *et al.* (2016) sugerem que a sobrecargas obtidas não apresentaram diferenças significativas entre 8, 10 e 12RM em indivíduos treinados. No entanto, o TST verificado apresentou diferença significativa entre 8 e 10RM e entre 8 e 12RM.

Dentre os estímulos necessários para os ganhos de força e hipertrofia muscular, também está o impacto metabólico, hormonal e neuromuscular decorrentes do TF (BURD *et al.*, 2012). Gentil, Oliveira e Bottaro (2006) verificaram que a duração da repetição influencia a concentração de lactato sanguíneo. Baseando-se nos resultados destes estudos, quando todas as outras variáveis são padronizadas, uma maior duração da repetição implica em maior concentração de lactato sanguíneo (TANIMOTO; ISHII, 2006). Nesse contexto, distintos TST também podem gerar diferentes concentrações de lactato sanguíneo. A análise dessas respostas permite caracterizar diferentes domínios de intensidade de exercício (GENTIL; OLIVEIRA; BOTTARO, 2006).

A eletromiografia de superfície (EMG) também é utilizada como ferramenta complementar no diagnóstico de alterações neuromusculares, avaliação de

procedimentos terapêuticos e tratamento de disfunções musculares (MERLETTI, 1999). A EMG serve para registrar a atividade muscular durante diferentes manipulações de variáveis do TF (BECKER *et al.*, 2017), possibilitando a análise de diversos fatores durante os exercícios, como a intensidade da ativação muscular, fadiga muscular e padrão de atividade muscular entre determinados protocolos e exercícios (TREBS *et al.*, 2010).

A execução de exercícios de força em diferentes velocidades pode alterar o TST e, conseqüentemente, os resultados encontrados. Isso demonstra que o TST é uma variável importante a ser controlada. Entretanto, não está claro na literatura qual seria o TST médio para os exercícios propostos em velocidade máxima, nem as respostas musculares, não havendo consenso nas evidências apresentadas na literatura. Dessa forma, é necessário o controle do TST para sustentar a possibilidade de que o volume dos programas de TF possa atingir o objetivo proposto do treinamento. Se os ganhos de força muscular e hipertrofia estão relacionados com o volume de treinamento, é interessante destacar e considerar o TST na prescrição dos exercícios (BURD *et al.*, 2012). Nesse contexto, o monitoramento da atividade muscular e das respostas fisiológicas proporcionadas por diferentes TST são informações necessárias para verificar o efeito do treinamento realizado. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo comparar do tempo sob tensão, atividade eletromiografica e lactato da realização de 8, 10 e 12 repetições máximas no exercício agachamento.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Ética da Pesquisa**

Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e ficaram cientes dos procedimentos do estudo. O presente estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos do Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE/UERJ), parecer número 1.823.683.

## Amostra

Participaram do estudo, 10 militares homens (tabela 1), que foram incluídos de forma aleatória e que atenderam os seguintes critérios de inclusão: a) ser fisicamente ativos; b) não apresentar nenhuma lesão no aparelho osteomioarticular no período da coleta; c) praticar exercícios físicos há, no mínimo, seis meses com frequência semanal de dois dias. Foram excluídos do processo de amostragem sujeitos que: a) não estavam em concordância com os termos do compromisso assumido com o pesquisador; b) que faltaram a algum dia de coleta; c) que, por ventura, se sentiram incomodados com qualquer procedimento proposto no decorrer da pesquisa; d) indivíduos com alguma algia que pudesse interferir na correta execução do exercício; e) PAR-Q positivo (SHEPHARD, 1992).

Foram aferidos dados da massa corporal, através de uma balança mecânica (Filizolla®, Brasil) e da estatura, através de um estadiômetro portátil (Seca®, Baystate Scale & Systems, USA). O protocolo adotado para estimar o percentual (%) de gordura foi o de três dobras cutâneas (JACKSON; POLLOCK, 1978).

**Tabela 1** - Características da amostra (n = 10)

	Média	DP	Máximo	Mínimo	p-valor (SW)
Idade	18,90	0,32	19,00	18,00	0,366
Massa Corporal	67,55	4,96	75,40	61,40	0,932
Estatura	1,73	0,05	1,82	1,63	0,874
IMC	22,56	1,89	25,19	19,95	0,904
% de Gordura	6,54	1,87	9,40	4,10	0,912

DP = Desvio Padrão; IMC = Índice de Massa Corporal; % = percentual; SC = Sobrecarga de teste; SW = Shapiro Wilk.

## Procedimentos Preliminares

O exercício utilizado no presente estudo foi o exercício agachamento. As informações sobre os padrões das técnicas de execução do exercício proposto foram passadas aos indivíduos participantes do estudo, assim como educativos acerca da correta execução.

### **Padrão de execução no exercício agachamento**

O indivíduo permaneceu em pé, perpendicular à barra fixa do aparelho Smith, com os dois pés paralelos, com os pés alinhados com os ombros e quadril, estando os joelhos e quadril em flexão de 90°. Nesta posição, para verificar o ângulo limite proposto, uma corda suspensa por dois cavaletes serviu como limitador do movimento. Para que o participante tivesse um feedback sensorial desta posição, foi instruído que, no momento que o músculo glúteo tocasse a corda, recomeçasse o movimento. A execução do exercício consistiu na completa extensão do joelho e do quadril até 0°, sendo este o ponto final. Este ponto foi marcado por uma etiqueta posicionada na barra de sustentação do aparelho Smith e serviu de limite da execução, sendo observado para falha do movimento (WIRTH et al., 2016). Para a determinação do ângulo proposto no exercício, foi utilizado um goniômetro manual (Carci, Brasil).

### **Determinação da Sobrecarga de RM**

Os testes de RM foram realizados em dias diferentes com, no mínimo, 48h de intervalo entre eles. Os testes de 8, 10 e 12 RM tiveram como finalidade realizar as respectivas repetições consecutivas com o máximo de sobrecarga, na maior velocidade possível (SIMÃO *et al.*, 2012). Os intervalos entre as tentativas durante o teste de RM foram fixados em cinco minutos.

Visando reduzir a margem de erro nos testes, instruções padronizadas foram fornecidas antes do teste, de modo que o avaliado estivesse ciente de sobre a técnica de execução do exercício e de toda a rotina envolvendo a coleta de dados. Como pequenas variações no posicionamento das articulações envolvidas no movimento poderiam acionar outros músculos, levando a interpretações errôneas dos escores obtidos, o avaliador esteve atento quanto à posição adotada pelo praticante no momento do teste. Estímulos verbais também foram realizados com o intuito de manter o nível de motivação elevado (PAZ *et al.*, 2016). O teste foi interrompido no momento em que os avaliados executaram o movimento com a técnica incorreta e/ou quando ocorreram falhas concêntricas voluntárias em RM.

Os indivíduos foram orientados a não ingerir qualquer substância estimulante (caféina ou álcool) e a não realizar atividade física no dia anterior ou no dia dos



testes. As técnicas de execução do exercício foram padronizadas e seguidas em todos os testes (SCUDESE *et al.*, 2015).

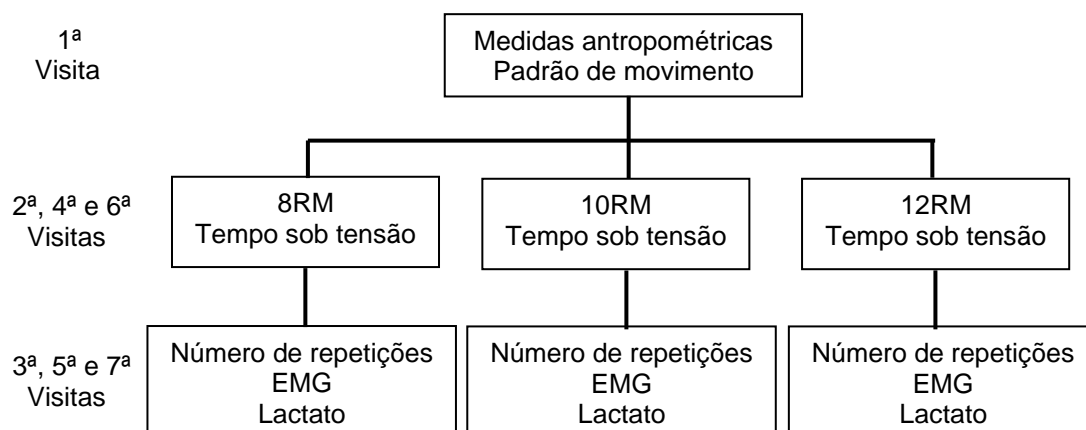
### Tempo Sob Tensão

Marcadores reflexivos foram afixados no quadril, joelhos e tornozelos, garantindo assim o padrão de movimento. Assim como para verificação do momento de início e término do movimento e do comportamento da cinemática angular e linear articular. As imagens foram adquiridas por uma câmera (Sony, Japão) posicionada em um tripé no plano sagital, de forma que permitisse a visualização total do movimento. A cronometragem do tempo sob tensão de cada sujeito, em cada exercício, foi verificada na execução para 8, 10 e 12 RM utilizando a técnica de contagem de tempo por meio de cinemetria com o software KINOVEA 8.15 (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ *et al.*, 2014).

### Protocolos Experimentais

O presente estudo foi desenvolvido em quatro etapas: 1- coletas para caracterização da amostra; 2- descrição dos padrões de movimento; 3- teste de carga; e 4- protocolo experimental. As etapas 1 e 2 aconteceram no mesmo dia, enquanto para cada RM desejada foram realizadas visitas em dias distintos, sendo um dia exclusivo para 8, outro para 10 e outro para 12 RM. Desta forma, as etapas 3 e 4 aconteceram com um intervalo não inferior a 48h entre elas. Ao total foram realizadas sete visitas (figura 1).

Figura 1 - Fluxograma do procedimento de coleta de dados



Quatro avaliadores acompanharam a coleta de dados: a) avaliador da execução (responsável pela verificação do padrão do movimento, pelo incentivo ao participante e pela validação da coleta); b) avaliador da EMG (responsável pela fixação dos eletrodos e manipulação da instrumentação); c) avaliador câmera (responsável pela filmagem e posterior análise das filmagens); d) avaliador sanguíneo (responsável pela coleta e análise do sangue). Antes da aplicação do protocolo, os participantes realizaram um aquecimento de uma série de 15 repetições com 50% da carga obtida no teste de RM, adotando-se intervalo de três minutos antes de iniciar o protocolo. Os indivíduos foram orientados a realizar o exercício na maior velocidade possível.

O teste de Shapiro Wilk determinou normalidade no TST verificado pelo grupo, permitindo assim a utilização da média para o protocolo experimental. Desta forma, posteriormente cada participante realizou o exercício com a carga obtida no teste, desta vez sendo solicitado que realizasse quantas repetições conseguisse no TST médio alcançado pelo grupo no dia do protocolo preliminar. O sinal EMG, correspondente ao tempo sob tensão de 8, 10 e 12 RM foi verificado e amostras de sangue foram coletadas no momento antes do exercício e 30 segundos após para a verificação do estresse metabólico muscular.

### **Atividade Eletromiográfica**

Os sinais EMG de superfícies foram captados utilizando um eletromiógrafo de 8 canais (EMGSystem do Brasil Ltda., São Paulo, Brasil), com ganho total de 1000, rejeição de modo comum de 110dB e filtro passa-banda de 8-500Hz, digitalizado para um computador através de uma placa de conversão A/D de 16 bits de resolução, e na frequência de amostragem de 1000Hz. O sinal EMG foi captado através de eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl com área de captação de 1 cm e distância intereletrodos de 2 cm. Os eletrodos foram posicionados no músculo vasto medial (VM), vasto lateral (VL), reto femoral (RF) e bíceps femoral (BF).

Antes da colocação dos eletrodos, foram realizadas tricotomia, abrasão e posterior assepsia da pele com algodão embebido em álcool. O eletrodo de referência foi acoplado na clavícula. Tanto os eletrodos de registro quanto o eletrodo de referência foram fixados por fita adesiva de acordo com as recomendações da Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia (MERLETTI, 1999). A fim

de garantir a qualidade do sinal obtido, o mesmo foi tratado no Software MyoResearch XPTM (Noraxon Inc., USA) e apresentado como Root Mean Square (RMS). Para a normalização do sinal, foi utilizada a técnica da Média do Sinal EMG. Este valor é caracterizado pela média do sinal RMS de cada sujeito nos três protocolos. A este atribui-se 100%, então, todo o sinal EMG é normalizado por esse valor (BURDEN; BARLETT, 1999).

### **Lactato**

Para a mensuração da concentração sanguínea dos níveis de lactato, foi utilizado um lancetador (Roche, Accutrend, Suíça) com lancetas descartáveis para realizar uma perfuração na falange distal do dedo indicador direito, após este ser limpo com álcool. Este procedimento permitiu a colocação de uma gota de sangue em uma tira reagente (Roche, BM-Lactate, Suíça) colocada em um lactímetro portátil (Roche, Accutrend Plus, Suíça). As coletas foram realizadas antes (Lpré) e 30 segundos após o exercício agachamento (Lpós). Os valores são apresentados por mmol/l.

### **Procedimentos Estatísticos**

Os testes de Shapiro-Wilk e Levene foram realizados para a verificação, respectivamente, da normalidade e da homogeneidade dos dados. A ANOVA One-way foi utilizada para as comparações entre as séries de exercícios, seguida do *post hoc* de Bonferroni para identificar as possíveis diferenças entre o TST, atividade eletromiográfica e a concentração sanguínea de lactato. O ajustamento de comparações múltiplas de Bonferroni foi utilizado quando alguma variável do estudo não apresentou uma distribuição próxima da curva normal. A estatística descritiva foi apresentada como média, desvio padrão e valores mínimos e máximos. O presente estudo admitiu o nível de significância de  $p < 0,05$ .

## **RESULTADOS**

A ANOVA com medidas repetidas mostrou uma interação entre as variáveis do estudo para o grupo agachamento (Wilk's Lambda = 0,155;  $F = 20,042$ ;  $p < 0,001$ ). A tabela 2 apresenta os dados da sobrecarga de teste, TST e número de repetições realizadas no exercício agachamento. O TST verificado no protocolo de

12RM foi significativamente maior que o de TST de 8RM ( $p < 0,001$ ) e do que o de TST10 ( $p = 0,043$ ). Diferença significativa também foi verificada para o TST10 comparado ao TST8 ( $p = 0,009$ ). No protocolo experimental para o agachamento, o número de repetições realizadas com o TST médio da amostra representou os mesmos valores de repetições com a sobrecarga individual do teste de RM.

**Tabela 2** - Resultados da sobrecarga de teste em kg (SC), tempo sob tensão em segundos (TST) e número de repetições realizadas no protocolo experimental para 8, 10 e 12 RM no agachamento (REP)

	Média	DP
SC8	88,75*#	4,45
SC10	78,70#	7,59
SC12	70,6	8,15
TST8	22,33*#	1,04
TST10	24,81#	1,09
TST12	27,17	1
REP8	8,20*#	1,23
REP10	10,50#	0,85
REP12	11,9	1,1

DP = Desvio Padrão; \* diferença significativa para SC10; # diferença significativa para SC12; \* diferença significativa para TST10; # diferença significativa para TST12; \* diferença significativa para REP10; # diferença significativa para REP12.

A tabela 3 apresenta os resultados dos níveis de lactato sanguíneo nos protocolos de 8, 10 e 12RM no exercício agachamento.

**Tabela 3** - Média dos níveis de lactato sanguíneo pré e pós protocolo experimental em mmol/l no exercício agachamento

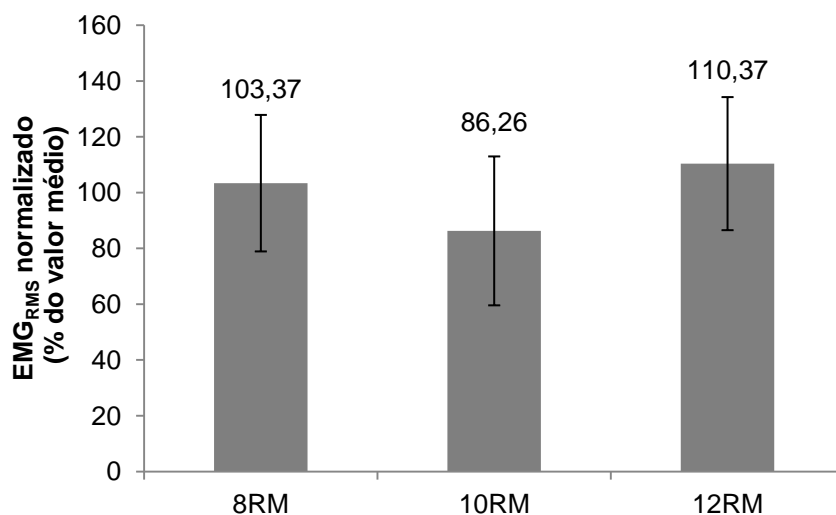
	Média	DP
LACpré	3,73 <sup>†</sup>	0,36
LACpós8	6,89*#	1,87
LACpós10	9,69 <sup>#</sup>	2,05
LACpós12	12,78	2,52

DP = Desvio Padrão; <sup>†</sup> diferença significativa para LACpré 8,10 e 12; \* diferença significativa para LACpós10; # diferença significativa para LACpós12.

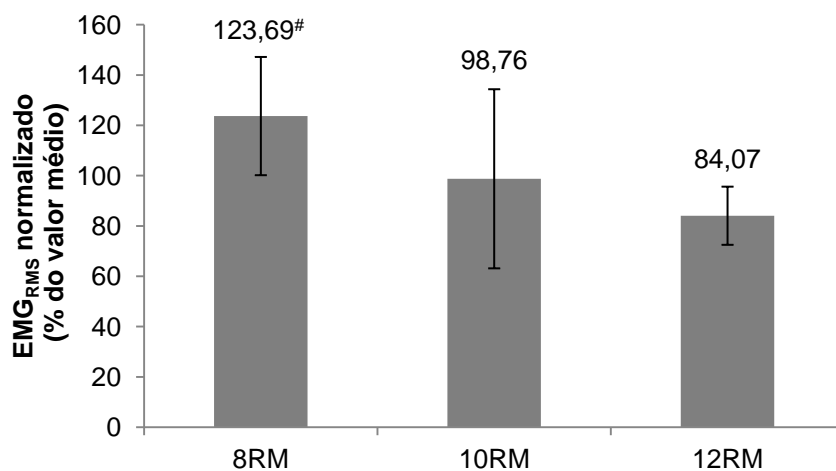
Foram observadas diferenças significativas para todos os níveis de lactato sanguíneo no pós-teste comparado ao repouso e entre os protocolos (8RM<10RM<12RM). Maiores níveis de lactato foram observados no LACpós12 comparado ao LACpós10 ( $p = 0,005$ ) e ao LACpós8 ( $p < 0,001$ ). O protocolo LACpós10 também apresentou maiores níveis de lactato comparado ao LACpós8 ( $p = 0,012$ ).

As figuras 2, 3, 4 e 5 apresentam os resultados da atividade eletromiográfica para VM, VL, RF e BF nos três protocolos de RM. No protocolo de 10RM, foi observado maior registro EMG para o VL no protocolo de 8RM comparado ao de 12RM ( $p = 0,005$ ), assim como maior ativação do RF comparado ao protocolo de 12RM ( $p = 0,007$ ). Não foram verificadas diferenças significativas para VM e BF entre os protocolos.

**Figura 2** - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo vasto medial (VM)

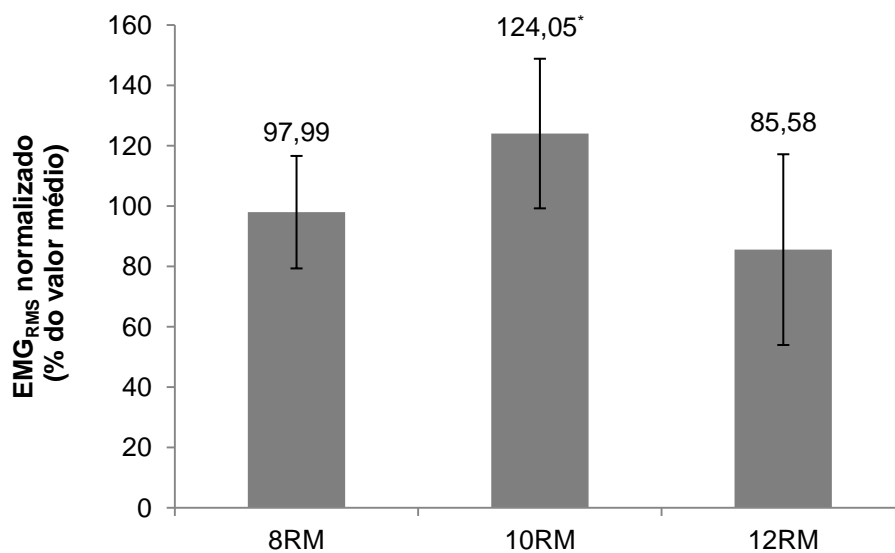


**Figura 3** - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral (VL)



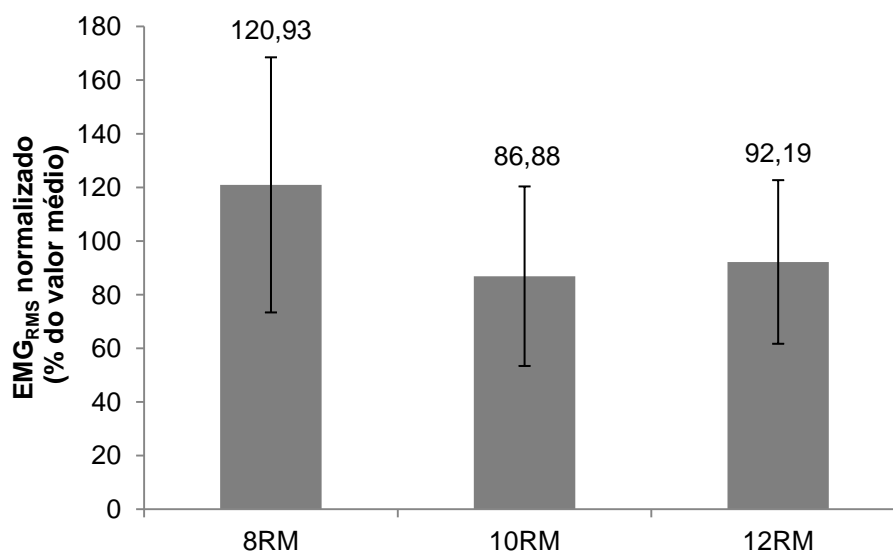
# diferença significativa para 12RM

**Figura 4** - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo reto femoral (RF)



\* diferença significativa para 12RM

**Figura 5** - Valores normalizados da atividade eletromiográfica do músculo bíceps femoral (BF)



## DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que o TST de 12RM foi significativamente maior que o de 8RM e que o de 10RM, assim como o de 10RM foi maior que o de 8RM. As respostas de lactato (LAC) também acompanharam este fenômeno com a mesma relação entre os protocolos. Na medida em que o número de repetições aumentou, o TST também aumentou por consequência, visto que os protocolos de 8, 10 e 12RM foram realizados na maior velocidade possível. Assim, maiores níveis sanguíneos de lactato foram encontrados no TST mais longo (12>10>8RM). Esses resultados confirmam o pressuposto de que o volume de treinamento é um importante agente causador de estresse metabólico, corroborando com outros estudos (FINK *et al.*, 2016; HENSELMANS; SCHOENFELD; 2014; SCHOENFELD, 2013). Verificou-se uma redução significativa da atividade EMG do RF para os protocolos de 10 e 12RM, assim como na ativação do VL para os protocolos de 8 e 12RM, corroborando com os achados de Tran, Docherty e Behm (2006).

Santiago *et al.* (2012) verificaram o TST no exercício *leg press* e encontraram um TST para 10RM de  $25,7 \pm 6$  s em mulheres treinadas. Esse resultado apresentou similaridades com ao TST encontrado no presente estudo para esta faixa de

repetições, que utilizou o exercício agachamento em homens ativos. Apesar de serem distintos, os exercícios se assemelham nos movimentos articulares, sugerindo padrão nos TST encontrados. No entanto, Hava *et al.* (2014) verificaram o TST de  $18,67 \pm 2,05$ s para 10RM no exercício remada aberta em 18 homens experientes em TF. Esses resultados sugerem que o TST verificado pode variar tanto por conta do número de repetições realizadas em um mesmo exercício, como também pelo tipo de exercícios. O tamanho do segmento corporal pode influenciar no deslocamento e, por consequência, na velocidade e no TST na execução do exercício (SILVA *et al.*, 2016). Dessa forma, este resultado ressalta a necessidade de se verificar o TST para cada exercício e para cada grupo muscular.

Um estudo (GENTIL; OLIVEIRA; BOTTARO, 2006) com indivíduos treinados verificou o efeito de quatro cadências de execução do TF usando a mesma sobrecarga no exercício cadeira extensora. No método com o protocolo tradicional de 10RM, na cadência de 2s para a fase concêntrica e 2s para a fase excêntrica, verificou o TST total de  $42,08 \pm 3,18$ s e concentrações de lactato de 4,5 mmlol. Os resultados se contrapõem com o presente estudo, que verificou TST menor para o exercício agachamento nessa faixa de repetições e concentrações maiores de lactato. O estudo também verificou que as velocidades de execução diferentes dos protocolos modificam o número de repetições realizadas, interferindo diretamente com o TST, com a manutenção do número de repetições e, consequentemente, com os resultados obtidos. No entanto, diferentemente do presente estudo, Gentil, Oliveira e Bottaro (2006) não encontraram diferenças significativas na concentração sanguínea de lactato nos diferentes TST. Os resultados distintos podem ser explicados pelo fato do estudo (GENTIL; OLIVEIRA; BOTTARO, 2006) ter usado indivíduos treinados, velocidade cadenciada e exercício diferente.

Headley *et al.* (2011) avaliaram 17 homens treinados que realizaram o teste de 1RM na cadência 2/2s e 2/4s no exercício supino reto. Com a carga estabelecida, os sujeitos realizaram quatro séries do exercício com um minuto de intervalo entre elas. A primeira série consistiu de 4 repetições a 55% de 1RM, a segunda de 5 repetições a 60% de 1RM e a terceira e quarta de 6 repetições a 65% e 7 repetições a 75% de 1RM, respectivamente. Amostras de sangue foram coletadas de 30 a 60 segundos aproximadamente após o exercício para verificação do estresse metabólico. Os autores não verificaram diferença significativa nas respostas de lactato sanguíneo entre os protocolos, divergindo dos resultados encontrados pelo



presente estudo. No entanto, no estudo de Headley *et al.* (2011), as cargas de 1RM para 2/2s foram significativamente maiores que a de 2/4s, o que pode ter equiparado a relação TST/intensidade de carga nas séries. Em adicional, os resultados distintos também podem ser explicados pelo fato do estudo citado ter utilizado cargas relativizadas em 1RM, quatro séries e exercício distinto, enquanto o presente estudo usou cargas absolutas de RM e uma única série.

Lacerda *et al.* (2016) compararam os níveis sanguíneos de lactato e a resposta eletromiográfica de músculos envolvidos no exercício supino reto (peitoral maior, deltoide anterior e tríceps braquial) em dois protocolos de treinamento, ambos com intervalo entre as séries de 3min e intensidade relativa de 60% de 1RM. Um protocolo consistiu na realização de 3 séries de 12 repetições a uma duração da repetição de 3s, enquanto que o outro protocolo consistiu na execução de 3 séries de 6 repetições, com duração da repetição de 6s. Nos dois protocolos, os participantes mantiveram a execução do exercício com um TST equiparado em 108 segundos. Os autores verificaram maiores concentrações de lactato sanguíneo no protocolo com o maior número de repetições. Estes resultados encontrados por Lacerda *et al.* (2016) se aproximam dos achados verificados pelo presente estudo e atendem o pressuposto de que o trabalho mecânico das contrações também é importante para as adaptações musculares (HEADLEY *et al.*, 2011).

A atividade EMG também serviu de instrumento de análise para Lacerda *et al.* (2016) verificar a influência do TST como variável do treinamento. Os autores também observaram que o protocolo com maior número de repetições e menor duração da repetição produziu uma maior amplitude do sinal eletromiográfico em todos os músculos avaliados no decorrer das três séries do exercício supino reto ( $p < 0,05$ ). No entanto, no presente estudo só foram verificadas diferenças significativas nos músculos VL e RF. Esses músculos apresentaram redução na sua ativação a medida que o TST aumentou.

Tran, Docherty e Behm (2006) avaliaram a fadiga em três protocolos de TF manipulando TST, volume de carga e cadência no exercício de flexão de cotovelos em 18 homens universitários praticantes de TF há no mínimo um ano. O protocolo A consistiu na realização do exercício com cadência de 5/2s. O protocolo B envolveu o mesmo volume de carga (número de repetições x sobrecarga) do protocolo A, mas com cadência 2/2s. O protocolo C foi equiparado ao protocolo A para a TST, mas com cadência 10/4 e volume de carga menor. Ambos os protocolos foram realizados

com 90% da carga para 10RM. A fadiga foi avaliada por alterações na contração isométrica voluntária (MVIC), através da técnica de interpolação de pulso elétrico (Twitch Interpolation – TIP) e características da contração muscular (pico de contração muscular, tempo do pico de contração muscular, taxas médias de desenvolvimento de força e relaxamento de contração). Uma diminuição significativa foi detectada para o desenvolvimento da força isométrica dos valores pré e pós-protocolo ( $p < 0,05$ ). Todos os protocolos resultaram em diminuição no pico de saída da força isométrica dos valores pré e pós-protocolo ( $p < 0,05$ ). A produção de força seguindo o protocolo A, que envolveu grande volume de carga e alto TST, diminuiu 19,2%, que foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) do que a redução dos níveis de força observados no protocolo B (TST reduzido). O protocolo C, com uma carga de volume menor, resultou em uma redução de 15,0N na força, mas não foi significativamente diferente do protocolo A ou B. Esses resultados se aproximam dos achados pelo presente estudo que verificou uma redução na atividade muscular do vasto lateral e de reto femoral no exercício agachamento em maiores TST. Esse parâmetro muscular associado aos níveis elevados de lactato sugere hipoteticamente estado de fadiga.

Sampson, Donohoe e Groeller (2014) avaliaram 12 homens treinados que com a carga pré-estipulada de 6RM realizaram o exercício de flexão de cotovelo em três protocolos: A) cadência 2/2s (controle); B) máxima aceleração na fase concêntrica e 2s na fase excêntrica; c) máxima aceleração na fase concêntrica e excêntrica. Foram verificados o número de repetições realizadas e a atividade eletromiográfica. Apesar de não ter sido verificada diferença no número de repetições, o TST apresentou redução de 40% e 30%, respectivamente, para o protocolo B e C, comparado ao controle. No entanto, maior ativação foi verificada no músculo bíceps braquial no protocolo de maior TST ( $p < 0,05$ ). Estes resultados corroboram com os verificados pelo presente estudo, que observou dados similares. No entanto, os achados de Sampson, Donohoe e Groeller (2014) sugerem que a transição das fases excêntrica para concêntrica em máxima velocidade estimularia a ação do ciclo alongamento encurtamento (CAE), evidenciando assim que este seria o responsável pela maior ativação muscular por transformar a energia elástica em mecânica (SUCHOMEL; SOLE; STONE, 2016).

## CONCLUSÃO

Como os resultados obtidos no presente estudo, foi possível contemplar o objetivo proposto. O TST para as execuções de 8, 10 e 12RM puderam ser descritas bem como a resposta muscular (EMG e LAC) equivalente a ele. Diferenças significativas foram verificadas entre as variáveis TST, SC e LAC para todos os protocolos em ordem crescente ao número de repetições. No entanto, só foi verificada diferença significativa no EMG para VL e RF. Os músculos VM e BF não apresentaram diferença significativa.

O número de repetições realizadas no protocolo experimental com o TST médio da amostra refletiu a faixa de RM desejada. Sendo assim, o TST verificado parece refletir a realidade do esforço máximo quando realizado com cargas máximas. Deste modo, realizar o exercício agachamento no TST verificado pelo presente estudo parece induzir aos mesmos resultados que a realização de 8, 10 e 12 repetições em indivíduos fisicamente ativos.

Desta forma, o controle da relação volume/intensidade e a prescrição nas faixas de repetição do exercício proposto pelo estudo podem ser realizados baseados no TST. Assim, resultados do treinamento também podem ser avaliados e reavaliados levando em conta esta variável de modo que ganhos de força podem ser relacionados à diminuição do TST ou aumento do número de repetições em um mesmo TST neste exercício.

Novos estudos são sugeridos com a mesma temática do presente estudo, verificando as relações aqui apresentadas em outros exercícios, bem como em populações com características distintas.

## REFERÊNCIAS

American College of Sports Medicine. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins; 2013.

Balsalobre-Fernández, C, Tejero-González, CM, Campo-Vecino, J, and Bavaresco, N. The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *J Strength Cond Res*. 2014; 28:528-533.

- Becker, S, Fröhlich, M, Kelm, J, and Ludwig, O. Change of muscle activity as well as kinematic and kinetic parameters during headers after core muscle fatigue. *Sports*. 2017;5:10-17.
- Burd NA, Andrews RJ, West DW, Little JP, Cochran AJ, Hector AJ, et al. Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *J Physiol*. 2012;590:351-362.
- Burden A, Bartlett, R. Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. *Med Eng Phys*. 1999;21:247-257.
- Carpinelli RN, Otto RM. Strength training: single set versus multiple sets. *Sports Med*. 1998;26:73-84.
- Earp JE, Newton RU, Cormie P, Blazevich AJ. Inhomogeneous quadriceps femoris hypertrophy in response to strength and power training. *Med Sci Sports Exerc*. 2015; 47:2389-2397.
- Fink J, Kikuchi N, Nakazato K. Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2016.
- Fleck SJ, Kraemer WJ. *Fundamentos do treinamento de força muscular*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed; 2014.
- Gehlert S, Suhr F, Gutsche K, Willkomm L, Kern J, Jack O, et al. High force development augments skeletal muscle signalling in resistance exercise modes equalized for time under tension. *Eur J Appl Physiol*. 2015;467:1343-1356, 2015.
- Gentil P, Oliveira E, Bottaro M. Time under tension and blood lactate response during four different resistance training methods. *J Physiol Anthropol*. 2006;25:339-344.
- Haua R, Paz GA, Maia MF, Lima VP, Cader AS, Dantas EHM. The effect of antagonist proprioceptive-3S neuromuscular facilitation on determining the loads of 10RM test. *Rev Bras Ciênc Saúde*. 2014;11:1-7.
- Headley SA, Henry K, Nindl BC, Thompson BA, Kraemer WJ, Jones MT. Effects of lifting tempo on one repetition maximum and hormonal responses to a bench press protocol. *J Strength Cond Res*. 2011;25:406-413.
- Henselmans M, Schoenfeld BJ. The effect of inter-set rest intervals on resistance exercise-induced muscle hypertrophy. *Sports Med*. 2014;44:1635-1643.
- Henwood T. Using evidence in practice: the role of resistance training in avoiding aged care. *J Aging Phys Act*. 2016;24:S96-S96.
- Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr*. 1978;40:497-504.

- Lacerda LT, Martins-Costa HC, Diniz RC, Lima FV, Andrade AG, Tourino FD, et al. Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. *J Strength Cond Res.* 2016;30:251-258.
- Merletti R. Standards for reporting EMG data. *J Electromyogr Kinesiol*, 1999.
- Mohamad N, Cronin J, Nosaka K. Difference in kinematics and kinetics between high- and low-velocity resistance loading equated by volume: implications for hypertrophy training. *J Strength Cond Res.* 2012;26:269-275.
- Paz G, Robbins DW, Oliveira CG, Bottaro M, Miranda H. Volume load and neuromuscular fatigue during an acute bout of agonist-antagonist paired-set versus traditional-set training. *J Strength Cond Res.* 2016.
- Sampson JA, Donohoe A, Groeller H. Effect of concentric and eccentric velocity during heavy-load non-ballistic elbow flexion resistance exercise. *J Sci Med Sport.* 2014;17:306-311.
- Santiago FLS, Paz GA, Maia MF, Santos PS, Santos ATL, Lima VP. Strength of maximum repetitions and tension time on leg press after static elongation in extensor and flexor knee. *Rev Bras Prescr Fisiol Exercício.* 2012;6:3-9.
- Schoenfeld BJ. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Med.* 2013;43:179-194.
- Scudese E, Willardson JM, Simão R, Senna G, Salles BF, Miranda H. The effect of rest interval length on repetition consistency and perceived exertion during near maximal loaded bench press sets. *J Strength Cond Res.* 2015;29:3079-3083.
- Shephard RJ. PAR-Q: Canadian home fitness test and exercise screening alternatives. *Sports Med.* 5: 185-195, 1988.
- Silva JB, Lima VP, Paz GA, Oliveira CR, D'Urso, Nunes RAM, et al. Determination and comparison of time under tension required to perform 8, 10 and 12-RM loads in the bench press exercise. *Biomed Hum Kinetics.* 2016;8:153-158.
- Simão R, Salles BF, Figueiredo T, Dias I, Willardson JM. Exercise order in resistance training. *Sports Med.* 2012;42: 251-265.
- Suchomel TJ, Sole CJ, Stone MH. Comparison of Methods That Assess Lower-body Stretch-Shortening Cycle Utilization. *J Strength Cond Res.* 2016;30:547-554.
- Tran QT, Docherty D, Behm D. The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. *Eur J Appl Physiol.* 2006;98:402-410.
- Trebs AA, Brandenburg JP, Pitney WA. An electromyography analysis of 3 muscles surrounding the shoulder joint during the performance of a chest press exercise at several angles. *J Strength Cond Res.* 2010;24:1925-1930.

Wirth K, Hartmann H, Sander A, Mickel C, Szilvas E, Keiner M. The impact of back squat and leg press exercises on maximal strength and speed-strength parameters. *J Strength Cond Res.* 2016;30:1205-1212.

**APÊNDICE H** – Artigo do objetivo geral

**Fase:** Em redação para submissão

**Journal:** *Research Quarterly for Exercise and Sport*

**Manuscript title:** Associação entre tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e lactato em séries múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento

**Running head:** Tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e lactato

**Authors' names:**

Jurandir Baptista da Silva<sup>1,2</sup>

Vicente Pinheiro Lima<sup>1,2</sup>

Juliana Brandão Pinto de Castro<sup>1</sup>

Jefferson da Silva Novaes<sup>3</sup>

Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes<sup>1</sup>

Rodrigo Gomes de Souza Vale<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Postgraduate Program in Exercise and Sport Sciences, Institute of Physical Education and Sports, State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

<sup>2</sup> Bidesp Institute, Center for Research in Exercise, Rehabilitation and Performance, Rio de Janeiro, Brazil

<sup>3</sup> School of Physical Education and Sports, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

**Corresponding author:**

Juliana Brandão Pinto de Castro

Rua São Francisco Xavier, 524, Pavilhão João Lira Filho, Bloco F, 9th floor, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, zip-code: 20550-900

Email: julianabrandaoflp@hotmail.com

## RESUMO

**Objetivo:** Verificar se há associação entre o tempo sob tensão (TST), a atividade eletromiográfica (EMG) e o nível de lactato (LAC) nas execuções em múltiplas séries nos exercícios supino reto (SR) e agachamento (AG).

**Método:** Vinte e um homens (idade:  $19,00 \pm 0,32$  anos; massa corporal:  $67,73 \pm 5,73$  kg; percentual de gordura:  $7,30 \pm 1,85$  %), foram divididos em grupo supino reto ( $n = 11$ ) e grupo agachamento ( $n = 10$ ). O TST para os testes de 8, 10 e 12RM foi verificado através da cinemetria. Após 48h do teste de RM, os participantes realizaram os exercícios com o TST médio do grupo e a carga obtida nos testes.

**Resultados:** O teste de correlação de Pearson demonstrou associações positivas entre as variáveis TST e LAC no SR ( $r = 0,665$ ;  $p < 0,001$ ) e no AG ( $r = 0,742$ ;  $p < 0,001$ ). Encontrou-se associações negativas entre a atividade muscular do PE e a sobrecarga ( $r = - 0,344$ ;  $p = 0,005$ ) e entre PC e TST ( $r = - 0,444$ ;  $p = 0,010$ ). Associações positivas entre PE com TST ( $r = 0,591$ ;  $p < 0,001$ ) e com LAC ( $r = 0,416$ ;  $p = 0,016$ ) também foram verificadas. No AG, o VL apresentou correlação negativa com o TST ( $r = - 0,495$ ;  $p = 0,005$ ) e com o LAC ( $r = - 0,428$ ;  $p = 0,018$ ).

**Conclusão:** Observou-se que há associação para as variáveis TST e LAC. Também foi encontrada esta situação no EMG para os músculos PC e PE no SR e no VL no AG. Assim, o controle da relação volume/intensidade e a prescrição nas faixas de repetição dos exercícios propostos pelo estudo podem ser realizados.

**Pavavras-chave:** Strength Training, Blood, Lower Extremity, Exercise Intensity, Military Personnel

## INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF) vem sendo prescrito para indivíduos que querem otimizar o treinamento, com objetivos de hipertrofia e ganho de força muscular (HENWOOD, 2016). Esse tipo de treinamento é estabelecido como um método eficaz para o desenvolvimento da aptidão musculoesquelética e é recomendado por diversos autores e organizações para a promoção da saúde e o aumento do desempenho (MAGYARI; CHURILLA, 2012). Dentre os exercícios mais realizados pelos praticantes desse tipo de treinamento, estão o agachamento e o supino reto. O



agachamento é um exercício de cadeia cinética fechada, que apresenta diversas variações de execução (ESCAMILLA *et al.*, 2002). O supino reto é um exercício de cadeia cinética aberta, onde o indivíduo se posiciona em decúbito dorsal e realiza movimentos de afastamento e aproximação de uma barra em relação ao tórax (TREBS *et al.*, 2010).

Contudo, para obter os resultados desejados, deve-se controlar e manipular algumas variáveis, como carga externa de treino, volume de treinamento, número de exercícios, número de repetições, ordem dos exercícios, número de séries, intervalo de recuperação entre as séries e os exercícios e a interação entre estas variáveis (SIMÃO *et al.*, 2012). Uma forma comum para o cálculo do volume total de treinamento é o número total de repetições concluídas durante um período de treinamento especificado (GENTIL *et al.*, 2017). O *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2013) recomenda que sejam realizadas entre 8 a 12 repetições máximas (RM) para a obtenção de ganhos de força e hipertrofia muscular. Porém, as distâncias lineares ou angulares percorridas pelas execuções resultam em um determinado intervalo de tempo de produção de força muscular, ou seja, um determinado tempo sob tensão (TST) muscular. Este TST é proporcional ao trabalho realizado e ao número de repetições (LACERDA *et al.*, 2016).

Assim, diferentes números de repetições e a manipulação da cadência das repetições podem influenciar o TST. Contudo, analisando os estudos prévios realizados, é possível verificar que estas manipulações acontecem de forma casual, podendo não representar a realidade dos praticantes. Alguns autores sugerem repetições em torno de 5s (BIRD *et al.*, 2005), outros sugerem uma faixa de 2s a 6s (WERNBOM; AUGUSTSSON; THOMEÉ, 2007). Durações da repetição de 4s e 6s são tradicionalmente recomendadas (NEILS *et al.*, 2005). Em revisão sistemática e metanálise, Schoenfeld, Ogborn e Krieger (2015) verificaram o tempo de cada fase de execução em oito estudos. As fases de duração de cada ação variaram de 2 à 15s. Os autores verificaram resultados semelhantes na hipertrofia muscular com durações de repetição entre 0,5 a 8s. No entanto, não há justificativa clara para tais recomendações nesses trabalhos.

Nesse contexto, entender as relações entre o TST e o trabalho muscular parece ser importante para otimizar o treinamento. Nesse sentido, a eletromiografia é utilizada para registrar a atividade muscular durante diferentes manipulações de variáveis do TF (BECKER *et al.*, 2017) possibilitando a análise de diversos fatores

durante os exercícios, como a intensidade da ativação muscular, fadiga muscular e padrão de atividade muscular entre determinados protocolos e exercícios (TREBS *et al.*, 2010). Diferentes TST também podem incitar distintos trabalhos fisiológicos, podendo, desta forma, ser verificados através da análise sanguínea. Dentro deste cenário, a concentração de lactato sanguíneo vem sendo utilizada no intuito de avaliar a sobrecarga muscular imposta pelo TF (AZIZBEIGI *et al.*, 2015; MARTINS-COSTA *et al.*, 2016).

Assim, é necessário o controle do TST para sustentar a possibilidade de que o volume dos programas de TF possa atingir o objetivo proposto do treinamento. Se os ganhos de força muscular e hipertrofia estão relacionados com o volume de treinamento, é interessante destacar e considerar o TST na prescrição dos exercícios (BURD *et al.*, 2012). Nesse contexto, o monitoramento da atividade muscular e das respostas fisiológicas proporcionadas por diferentes TST são informações necessárias para verificar o efeito do treinamento realizado. Dessa forma, faz-se necessário aprofundar os estudos das variáveis do TF, em especial a predição do volume e intensidade de treinamento pelo TST e suas respostas musculares. Pelo exposto, o presente estudo tem por objetivo verificar se há associação entre o tempo sob tensão, a atividade EMG e o nível de lactato nas execuções em múltiplas séries nos exercícios supino reto e agachamento.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Amostra**

Inicialmente, participaram do estudo 24 militares, divididos em dois grupos: grupo supino reto (SR; n = 12) e grupo agachamento (AG; n = 12), que foram sorteados no batalhão qual prestavam serviço e convidados a participar do estudo. Caso este não estivesse em acordo com a proposta do estudo bem como os critérios de inclusão e de exclusão, um novo sorteio era realizado até que se completasse o número desejado. Assim, foram incluídos no estudo indivíduos voluntários, fisicamente ativos, que não apresentaram nenhuma lesão no aparelho osteomioarticular no período da coleta e praticantes de exercícios físicos há no mínimo seis meses com frequência semanal de dois dias. Em contra partida, foram excluídos do processo de amostragem sujeitos que não estiveram em concordância com os termos do compromisso assumido com o pesquisador, que faltaram a algum

dia de coleta ou que, por ventura, se sentiram incomodados com qualquer procedimento proposto no decorrer da pesquisa, indivíduos com alguma algia que pudesse interferir na correta execução do exercício ou PAR-Q positivo (SHEPHARD, 1988). Assim, os participantes que atenderam aos seguintes critérios foram incluídos no estudo. No entanto, um participante do SR foi intimado a prestar serviço em escala não condizente com as requeridas pelos critérios de inclusão e dois participantes do AG foram designados para uma missão administrativa, o que os impossibilitou de comparecer aos dias das coletas de dados. Sendo assim, esses três militares desistiram do estudo. Dessa forma, 21 sujeitos (SR = 11; AG = 10) finalizaram o estudo. Para a caracterização da amostra (tabela 1, 2 e 3) foram verificados os dados da massa corporal, através de uma balança mecânica (Filizolla®, Brasil), e da estatura, através de um estadiômetro portátil (Seca®, Baystate Scale & Systems, USA). Utilizou-se o protocolo de três dobras cutâneas proposto por Jackson e Pollock (1978) para estimar o percentual (%) de gordura.

O projeto deste estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos do Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE-UERJ) aprovado pelo parecer número 1.823.683. Assim, todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e ficaram cientes dos procedimentos do estudo.

Tabela 1 - Características da amostra (n = 21)

	Média	DP	Máximo	Mínimo
Idade	19,00	0,32	20,00	18,00
Massa Corporal	67,73	5,73	79,75	58,50
Estatura	1,72	0,05	1,82	1,63
IMC	22,99	2,20	27,36	19,10
% de Gordura	7,30	1,85	10,30	4,10

DP = Desvio Padrão; IMC = Índice de Massa Corporal; % = percentual.

Tabela 2 - Características do grupo supino reto (n = 11)

	Média	DP	Máximo	Mínimo	p-valor (SW)
Idade	19,09	0,30	20,00	19,00	0,987
Massa Corporal	67,89	6,60	79,75	58,50	0,961
Estatura	1,71	0,05	1,75	1,63	0,774
IMC	23,38	2,46	27,36	19,10	0,977
% de Gordura	7,99	1,61	10,30	4,40	0,920

DP = Desvio Padrão; IMC = Índice de Massa Corporal; % = percentual; SC = Sobrecarga de teste; SW = Shapiro Wilk.

Tabela 3 - Características do grupo agachamento (n = 10)

	Média	DP	Máximo	Mínimo	p-valor (SW)
Idade	18,90	0,32	19,00	18,00	0,366
Massa Corporal	67,55	4,96	75,40	61,40	0,932
Estatura	1,73	0,05	1,82	1,63	0,873
IMC	22,56	1,89	25,19	19,95	0,907
% de Gordura	6,54	1,87	9,40	4,10	0,912

DP = Desvio Padrão; IMC = Índice de Massa Corporal; % = percentual; SC = Sobrecarga de teste; SW = Shapiro Wilk.

## MÉTODOS

Foram realizadas um total de 14 visitas ao laboratório (7 para o exercício SR e 7 para o exercício AG). Assim, o presente estudo foi desenvolvido em quatro etapas. A primeira consistiu de coletas para caracterização da amostra e a segunda para a descrição dos padrões de movimento. O teste de carga para RM e o protocolo experimental foram a terceira e quarta etapa, respectivamente. A 1ª e 2ª etapa aconteceram no mesmo dia. Para cada dia de teste e cada protocolo experimental foram realizadas visitas em dias distintos. Sendo um dia exclusivo para 8, outro para 10 e outro para 12RM. Desta forma, as etapas 3 e 4 aconteceram com um intervalo não inferior a 48h entre elas.

### Procedimentos preliminares

Preliminarmente foi apresentado aos sujeitos o objetivo do estudo e esclarecimentos dos procedimentos relativos à coleta de dados referentes ao

projeto de pesquisa. Foi entregue aos participantes o TCLE. Em sequência, as informações sobre os padrões das técnicas de execuções dos exercícios propostos foram passadas aos indivíduos participantes do estudo, assim como educativos acerca da correta execução. Os exercícios utilizados estão descritos a seguir.

A posição do indivíduo no exercício supino reto, realizado no aparelho Smith (Righetto, High On, Brasil) foi em decúbito dorsal, com os dois pés no chão, coluna com as curvaturas fisiológicas preservadas, estando os ombros em abdução de 90° e cotovelos em flexão de 90°. Nessa posição, a face posterior do braço tocou uma corda sustentada por dois cavaletes que foi limitador da amplitude inferior. Na execução do exercício, foram realizados os movimentos adução horizontal dos ombros, abdução da cintura escapular e completa extensão do cotovelo até 0°. Este, o ponto final, foi marcado por uma etiqueta posicionada na barra de sustentação do aparelho Smith para servir de limite da execução, sendo observado para falha do movimento. A retirada do dorso do banco e/ou perda de contato dos pés com o solo também finalizava o exercício (MONTEIRO *et al.*, 2016).

No exercício agachamento, o indivíduo permaneceu em pé, perpendicular à barra fixa do aparelho Smith, com os dois pés paralelos, com os pés alinhados com os ombros e quadril, estando os joelhos e quadril em flexão de 90°. Nesta posição, para verificar o ângulo limite proposto, uma corda suspensa por dois cavaletes serviu como limitador do movimento. Para que o participante tivesse um *feedback* sensorial desta posição, foi instruído que, no momento que o músculo glúteo tocasse a corda, ele deveria recomeçar o movimento. A execução do exercício consistiu na completa extensão do joelho e do quadril até 0°, sendo este o ponto final. Este ponto foi marcado por uma etiqueta posicionada na barra de sustentação do aparelho Smith e serviu de limite da execução, sendo observado para falha do movimento (WIRTH *et al.*, 2016). Para a determinação do ângulo proposto nos dois exercícios foi utilizado um goniômetro manual (Carcí, Brasil).

### **Determinação da sobrecarga de RM**

Os testes de 8, 10 e 12RM tiveram como finalidade realizar as respectivas repetições consecutivas com o máximo de sobrecarga, na maior velocidade possível (SIMÃO *et al.*, 2012).

Os intervalos entre as tentativas em cada exercício durante o teste de RM foram fixados em cinco minutos. Os indivíduos foram orientados a não ingerir

qualquer substância estimulante (cafeína ou álcool) e a não realizar atividade física no dia anterior ou no dia dos testes. As técnicas de execução dos exercícios foram padronizadas e seguidas em todos os testes (SCUDESE *et al.*, 2015).

O teste foi interrompido no momento em que os avaliados executaram o movimento com a técnica incorreta e/ou quando ocorreram falhas concêntricas voluntárias em RM. Visando reduzir a margem de erro nos testes, foram adotadas as seguintes estratégias: (a) instruções padronizadas foram fornecidas antes do teste, de modo que o avaliado estivesse ciente de toda a rotina envolvida na coleta de dados; (b) o avaliado foi instruído sobre a técnica de execução dos exercícios; (c) o avaliador esteve atento quanto à posição adotada pelo praticante no momento do teste, pois pequenas variações no posicionamento das articulações envolvidas no movimento poderiam acionar outros músculos, levando a interpretações errôneas dos escores obtidos; (d) estímulos verbais foram realizados com o intuito de manter o nível de motivação elevado (PAZ *et al.*, 2016).

### **Tempo sob tensão**

A técnica de contagem de tempo por meio de cinematria com o software KINOVEA 8.15 foi realizada para a cronometragem do tempo sob tensão de cada sujeito, em cada exercício, para a execução de 8, 10 e 12 RM (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ *et al.*, 2014).

Para verificação do momento de início e término do movimento, assim como o comportamento da cinemática angular e linear articular, foram afixados marcadores reflexivos nas linhas médias dos punhos, cotovelos e ombros no exercício SR e no quadril, joelhos e tornozelos no exercício AG, garantindo o padrão de movimento. As imagens foram adquiridas por uma câmera (Sony, Japão) posicionada em um tripé no plano frontal para o SR e no plano sagital para o AG de forma que permitisse a visualização total do movimento.

### **Protocolos experimentais**

O protocolo experimental para cada número de repetições (8, 10 e 12RM) foi realizado em dias diferentes, com no mínimo 48h de intervalo entre eles e também não antes de 48h após os testes de RM. Cinco avaliadores acompanharam a coleta de dados. Um avaliador chamado de “avaliador de execução” foi

responsável pela verificação do padrão do movimento, pelo incentivo ao participante e pela validação da coleta. Ao sinal deste avaliador, a coleta começava e terminava. Este avaliador também ficou responsável por fazer as anotações nas fichas de coleta. O “avaliador do EMG” ficou responsável por todo o processo de fixação dos eletrodos e manipulação da instrumentação. Já o “avaliador-câmera” foi o responsável pela filmagem e posterior análise das filmagens. Foi ele também que fixou os marcadores reflexivos nos pontos anatômicos. Completando a equipe de coleta, o “avaliador sanguíneo” foi aquele responsável pela coleta e manipulação do lactímetro para análise do sangue. O “avaliador sanguíneo” também ficou responsável por repassar os valores encontrados para o “avaliador de execução” para anotação na ficha de coleta. O quinto elemento da coleta foi o “coordenador”, que verificou e organizou as ações dos demais avaliadores. O “coordenador” também foi responsável pela organização dos participantes da amostra, do recolhimento das assinaturas do TCLE e pelos esclarecimentos acerca da pesquisa. Todos os procedimentos de coleta foram realizados anteriormente para treinamento da equipe. Assim, todos os avaliadores se tornaram experientes com coeficiente de correlação intraclasse (CCI) superior a 0,90.

Antes da aplicação do protocolo, os participantes realizaram um aquecimento de uma série de 15 repetições com 50% da carga obtida no teste de RM, adotando-se intervalo de três minutos antes de iniciar o protocolo. Os indivíduos foram orientados a realizar o exercício na maior velocidade possível.

Para verificação da normalidade do TST encontrado pelo grupo, foi aplicado o teste de Shapiro Wilk. Com o resultado favorável, foi utilizada a média do TST encontrado por toda a amostra em cada protocolo. Assim, foi verificado um TST médio para 8RM, outro para 10RM e outro para 12RM. Desta forma, posteriormente, cada participante realizou o exercício com a carga obtida no teste, desta vez sendo solicitado que realizasse quantas repetições conseguisse no TST médio alcançado pelo grupo no dia do protocolo preliminar. O sinal EMG, correspondente ao tempo sob tensão de 8, 10 e 12RM, foi verificado e amostras de sangue foram coletadas no momento antes do exercício e 30 s após para a análise do estresse metabólico muscular.

### **Atividade Eletromiográfica**

Os sinais EMG de superfícies foram captados utilizando um eletromiógrafo

de 8 canais (EMGSystem do Brasil Ltda., São Paulo, Brasil), com ganho total de 1000, rejeição de modo comum de 110dB e filtro passa-banda de 8-500Hz, digitalizado para um computador através de uma placa de conversão A/D de 16 bits de resolução, e na frequência de amostragem de 1000Hz. O sinal EMG foi captado através de eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl com área de captação de 1 cm e distância intereletrodos de 2 cm. Os eletrodos foram posicionados nos músculos vasto medial (VL), vasto lateral (VL), reto femoral (RF) e bíceps femoral (BF) na realização do exercício agachamento e peitoral maior partes clavicular (PC) e esternocostal (PE), tríceps braquial (TB) e deltoide clavicular (DC) no exercício supino reto.

Antes da colocação dos eletrodos, foram realizadas tricotomia, abrasão e posterior assepsia da pele com algodão embebido em álcool. O eletrodo de referência foi acoplado na clavícula quando realizado o exercício supino reto e no trato tibial no exercício agachamento. Tanto os eletrodos de registro quanto o eletrodo de referência foram fixados por fita adesiva de acordo com as recomendações da Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia (MERLETTI, 1999).

A fim de garantir a qualidade do sinal obtido, o mesmo foi tratado no Software MyoResearch XPTM (Noraxon Inc., USA) e apresentado como Root Mean Square (RMS). Para a normalização do sinal foi utilizada a técnica da Média do Sinal EMG. Este valor é caracterizado pela média do sinal RMS de cada sujeito nos três protocolos. Atribui-se 100% a este, então, todo o sinal EMG é normalizado por esse valor (BURDEN; BARLETT, 1999).

## **Lactato**

Para a mensuração da concentração sanguínea dos níveis de lactato, foi utilizado um lancetador (Roche, Accutrend, Suíça) com lancetas descartáveis para realizar uma perfuração na falange distal do dedo indicador direito, após este ser limpo com álcool. Este procedimento permitiu a colocação de uma gota de sangue em uma tira reagente (Roche, BM-Lactate, Suíça) colocada em um lactímetro portátil (Roche, Accutrend Plus, Suíça) (BALDARI *et al.*, 2009).

Este método se baseia na intensidade da cor produzida na camada de reação da tira de teste por meio de fotometria de reflectância e calcula a concentração sanguínea de lactato por meio de um algoritmo específico de lote.



Os valores obtidos foram anotados e organizados para análises posteriores. As coletas foram realizadas antes do protocolo de exercício (LACpré) e 30 segundos após os exercícios (LACpós) supino reto e agachamento. Os valores são apresentados por mmol/l.

### **Procedimentos Estatísticos**

A normalidade e a homogeneidade de variância dos dados da amostra foram analisadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. A análise de variância One-way (ANOVA) com medidas repetidas foi utilizada para as comparações entre as séries de exercícios, seguida do *post hoc* de Bonferroni para identificar as possíveis diferenças entre o TST, a atividade eletromiográfica e a concentração sanguínea de lactato. Quando alguma variável do estudo não apresentou distribuição próxima da curva normal, foi utilizado o ajustamento de comparações múltiplas de Bonferroni. O teste de correlação de Pearson foi realizado para verificar as possíveis associações entre as variáveis de estudo (TRIOLA, 2005).

Com o propósito de manter a cientificidade da pesquisa, o presente estudo admitiu o nível de significância de  $p < 0,05$ , isto é, 95% de probabilidade de que estejam certas as afirmativas e/ou negativas denotadas durante as investigações, admitindo-se, portanto, a probabilidade de 5% para resultados obtidos por acaso. O estudo pretendeu obter um poder do experimento correspondente a, no mínimo, 80%, possibilitando assim controlar o erro tipo II.

Tanto no exercício supino reto quanto no exercício agachamento as variáveis sobrecarga (SC), TST e LAC apresentaram valores similares. Foi verificado um poder do experimento de 99% para estas variáveis. Esses valores fortalecem a magnitude dos resultados encontrados nas análises do presente estudo. Para a atividade EMG no exercício supino reto, o poder do experimento observado foi de 99% para os músculos PC e PE, de 14% para o DC e de 36% para o TB. No exercício agachamento foi verificado o poder do experimento para o VL de 45%, para o RF de 84% e para o VL e BF de 85% e 43%, respectivamente. Os resultados do PC e PE e do RF e VL fortalecem a magnitude das respostas verificadas pelo presente estudo para estes músculos e corroboram com a maior demanda desses músculos para realizar os movimentos nos exercícios estudados

## RESULTADOS

A análise das associações entre as variáveis do estudo (SC, TST e EMG) foi realizada através do teste de correlação de Pearson. A tabela 4 apresenta os resultados dessa associação no exercício supino reto. Foi possível verificar correlação negativa e significativa entre a atividade muscular do PE e SC e entre PC e TST. Isso representa que quando a SC e o TST se elevam há uma diminuição da atividade destes músculos. Correlações positivas e significativas foram verificadas entre PE e o TST e entre PE e LAC. O mesmo aconteceu entre o TST e a SC e LAC. Esses resultados demonstram que quando os valores de uma variável aumentam, por consequência a outra também aumenta.

Tabela 4 - Resultados da correlação entre as variáveis no exercício supino reto

		PE	PC	DC	TRÍC	SC	TST
SC	r	-0,34*	0,26	-0,03	0,07		
	p-valor	0,050	0,148	0,859	0,692		
TST	r	0,59**	-0,44**	0,08	-0,18	-0,52**	
	p-valor	0,000	0,010	0,666	0,305	0,002	
LAC	r	0,41*	-0,18	-0,04	-0,31	-0,24	0,66**
	p-valor	0,016	0,304	0,830	0,084	0,173	0,000

PE = Peitoral maior parte esternocostal; PC = peitoral maior parte clavicular; DC = deltoide clavicular; TB = Tríceps braquial; SC = sobrecarga; TST = tempo sob tensão; LAC = lactato; \*p < 0,05.

Os dados da correlação entre as variáveis estudadas no exercício agachamento são apresentadas na tabela 5. O músculo VL apresentou correlação negativa e significativa com o TST e com o LAC. Correlação negativa e significativa também foi verificada entre a SC e TST. Esse resultado sugere que, para este exercício, à medida que a SC diminui o TST aumenta. No entanto, foi observada correlação positiva e significativa entre o TST e LAC. Isso demonstra que, quando o TST aumenta, os níveis de lactato também aumentam.

Tabela 5 - Resultados da correlação entre as variáveis no exercício agachamento

		VM	RF	VL	BF	SC	TST
SC	r	-0,07	0,16	0,30	0,18		
	p-valor	0,705	0,393	0,112	0,343		
TST	r	0,31	-0,15	-0,49**	-0,24	-0,43*	
	p-valor	0,098	0,433	0,005	0,207	0,018	
LAC	r	0,06	0,08	-0,42*	-0,18	-0,32	0,74**
	p-valor	0,765	0,657	0,018	0,349	0,082	0,000

VM = Vasto medial; RF= Reto femoral; VL = Vasto lateral; BF = Bíceps femoral; SC = sobrecarga; TST = tempo sob tensão; LAC = lactato; \* $p < 0,05$ .

## DISCUSSÃO

O presente estudo apresentou associações negativas entre a atividade muscular do PE e SC e entre PC e TST e associações positiva entre PE com TST e LAC e entre o TST com SC e LAC. No exercício agachamento, o músculo VL apresentou correlação negativa com o TST e com o LAC, entre a SC e TST e correlação positiva entre o TST e LAC.

Tanto o volume quanto a intensidade de treinamento compõem o princípio do treinamento conhecido como princípio da sobrecarga (FLECK; KRAEMER, 2014). Essas variáveis se apresentam em uma relação de interdependência, de forma que elas são inversas (CHURCH *et al.*, 2016). Esse pressuposto se confirma com os achados do presente estudo que verificou uma associação negativa entre SC e TST nos dois exercícios. Desta forma, é possível salientar o TST como uma variável importante de controle da intensidade (LACERDA *et al.*, 2016).

Partindo do mesmo princípio, verificou-se uma correlação positiva entre TST e LAC no presente estudo. Isso aponta que quanto maior o volume de treino, maior a utilização do sistema de fornecimento de energia através da via glicólise láctica (EKLUND *et al.*, 2016). Os mesmos resultados foram encontrados nos estudos de Lacerda *et al.* (2016) e Tanimoto e Ishii (2006). No entanto, no presente estudo, não foram verificadas correlações entre SC e LAC. Entretanto, vale salientar que todos os protocolos foram realizados com cargas máximas, sendo, assim, este resultado esperado. Desta forma, em treinos com carga máxima, a variável volume parece ter maior influência nas respostas musculares (LANTIS *et al.*, 2017).

No exercício supino reto, foi possível observar uma associação positiva entre a atividade muscular do PE com o TST e com o lactato. No entanto, uma correlação negativa foi verificada entre este músculo e a SC. Esses resultados são capazes de informar que o trabalho desse músculo aumentou à medida que o TST também aumentou. Assim, em grandes volumes, este músculo parece contribuir mais para a execução do exercício. Contudo, divergindo com esses resultados, o PC demonstrou uma associação negativa com o TST. Sendo assim, o estudo sugere que em intensidades maiores, mas em volumes menores, esta porção do músculo peitoral maior estaria em maior ativação. Este fenômeno se repetiu para o músculo VL no exercício agachamento, que apresentou correlação negativa com TST. Esses dados podem ser explicados pela mudança de padrão de movimento, pois, à medida que a falha concêntrica se aproxima, um valgo dinâmico é observado, podendo, desta forma, alterar a atividade deste músculo (McMILLIAN; RYNDERS; TRUDEAU, 2016).

## **CONCLUSÃO**

Associações entre o TST e LAC foram verificadas, no entanto, o registro da atividade eletromiográfica no exercício supino reto não seguiu este padrão para todos os músculos. Apenas o peitoral maior parte esternocostal apresentou correlação positiva com TST e LAC e o peitoral clavicular que apresentou uma correlação negativa com o TST. No exercício agachamento, só foi observada uma correlação negativa entre VL e TST.

Esses resultados demonstram a capacidade que uma variável tem de influenciar a outra. Sendo assim, em programas de treinamento de força, a interdependência entre TST e SC e entre TST e LAC pode ser usada como parâmetro para prescrição. De maneira que, caso o objetivo do treino seja maiores estresses metabólicos, TST de maiores volumes devem ser prescritos. Em contra partida, altas intensidades de SC devem ser acompanhadas de baixos TST.

De acordo com os resultados encontrados no presente estudo, para acrescentar informações à comunidade científica e ao cotidiano dos profissionais da área, sugerem-se novos estudos que investiguem a relação do TST com as respostas musculares em diferentes situações. Como por exemplo, a utilização de

população com características diferentes às apresentadas pelo presente estudo, que pode resultar em resultados distintos aos encontrados nesta investigação.

O nível de treinamento e o gênero do participante parecem ter influência direta nas sobrecargas obtidas nos testes de RM. Ao considerar os resultados do presente estudo, que demonstrou uma associação entre a SC e o TST e, por sua vez, entre o TST e os níveis de lactato, novos estudos envolvendo a inclusão de indivíduos treinados e do gênero feminino, são recomendados para suprir essa lacuna do conhecimento.

## REFERÊNCIAS

American College of Sports Medicine. (2013). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.

Azizbeigi, K., Azarbayjani, M. A., Atashak, S., & Stannard, S. R. (2015). Effect of moderate and high resistance training intensity on indices of inflammatory and oxidative stress. *Research in Sports Medicine*, 23, 73-87.

Baldari, C., Bonavolontà, V., Emerenziani, G. P., Gallotta, M. C., Silva, A. J., & Guidetti, L. (2009). Accuracy, reliability, linearity of Accutrend and Lactate Pro versus EBIO plus analyzer. *European Journal of Applied Physiology*, 107, 105-111.

Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C. M., Campo-Vecino, J., & Bavaresco, N. (2014). The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28: 528-533.

Becker, S., Fröhlich, M., Kelm, J., & Ludwig, O. (2017). Change of muscle activity as well as kinematic and kinetic parameters during headers after core muscle fatigue. *Sports*, 5, 10-17.

Bird, S. P., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Medicine*, 35, 841-851.

Burd, N. A., Andrews, R. J., West, D. W., Little, J. P., Cochran, A. J., Hector, A. J.,... Phillips, S. M. (2012). Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *Journal of Physiology* 590: 351-362.

Burden, A., & Bartlett, R. (1999). Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. *Medical Engineering & Physics*, 21: 247-257.

Church, D. D., Hoffman, J. R., Mangine, G. T., Jajtner, A. R., Townsend, J. R., Beyer, K. S.,... Stout JR. (2016). Comparison of high-intensity vs. high-volume resistance training on the BDNF response to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 121, 123-128.

Eklund, D., Schumann, M., Kraemer, W. J., Izquierdo, M., Taipale, R. S., & Häkkinen, K. (2016). Acute endocrine and force responses and long-term adaptations to same-session combined strength and endurance training in women. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 30, 164-175.

Escamilla, R. F., Francisco, A. C., Kayes, A. V., Speer, K. P., Moorman, C. T. (2002). An electromyographic analysis of sumo and conventional style deadlifts. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34, 682-688.

Fink, J., Kikuchi, N., & Nakazato, K. (2016). Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. *Clinical Physiology and Functional Imaging*.

Fleck, S. J., Kraemer, W. J. (2014). *Fundamentos do treinamento de força muscular*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed.

Gentil, P., Fisher, J., Steele, J., Arruda, A. (2017). Dose-response of 1, 3, and 5 sets of resistance exercise on strength, local muscular endurance, and hypertrophy. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 31, e5-e7.

Haua, R., Paz, G. A., Maia, M. F., Lima, V. P., Cader, A. S., & Dantas, E. H. M. (2014). The effect of antagonist proprioceptive-3S neuromuscular facilitation on determining the loads of 10RM test. *Revista Brasileira de Ciência e Saúde*, 11, 1-7.

Headley, S. A., Henry, K., Nindl, B. C., Thompson, B. A., Kraemer, W. J., & Jones, M. T. (2011). Effects of lifting tempo on one repetition maximum and hormonal responses to a bench press protocol. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25, 406-413.

Henselmans, M., & Schoenfeld, B. J. (2014). The effect of inter-set rest intervals on resistance exercise-induced muscle hypertrophy. *Sports Medicine*, 44, 1635-1643.

Henwood, T. (2016). Using evidence in practice: the role of resistance training in avoiding aged care. *Journal of Aging and Physical Activity*, 24, S96-S96.

Keeler, L. K., Finkelstein, L. H., Miller, W., & Fernhall, B. (2001). Early-phase adaptations of traditional-speed vs superslow resistance training on strength and aerobic capacity in sedentary individuals. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 15, 309-314.

Lacerda, L. T., Martins-Costa, H. C., Diniz, R. C., Lima, F. V., Andrade, A. G., Tourino, F. D.,... Chagas, M. H. (2016). Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols

equalized by time under tension. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 30, 251-258.

Lamas, L., Ugrinowitsch, C., Campos, G. E. R., Aoki, M. S., Fonseca, R., Regazzini, M., Moriscot, A. S., & Tricoli, V. (2007). Strength training x power training: performance changes and morphological adaptations. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 21, 331-340.

Lantis, D. J., Farrell, J. W., Cantrell, G. S., & Larson, R. D. (2017). Eight weeks of high volume resistance training improves onset of blood lactate in trained individuals. *Journal of Strength & Conditioning Research*.

Magyari, P. M.; Churilla, J. R. (2012). Association between lifting weights and metabolic syndrome among U.S. Adults: 1999-2004 National Health and Nutrition Examination Survey. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26, 3113-3117.

Martins-Costa, H. C., Diniz, R. C. R., Lima, F. V., Machado, S. C., Almeida, R. S. V., Andrade, A. G. P, & Chagas, M. H. (2016). Longer repetition duration increases muscle activation and blood lactate response in matched resistance training protocols. *Motriz*, 22, 35-41.

McMillian, D. J., Rynders, Z. G., Trudeau, T. R. (2016). Modifying the functional movement screen deep squat test: the effect of foot and arm positional variations. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 30, 973-979.

Monteiro, E. R., Melo, L. B., Gomes, T. G., Dias, I. B. F., Paz, G. A., Salles, B. F., & Miranda, H. L. (2016). Effect of segment alternated sets order compared to traditional sets on maximum repetitions performance in distinct body segments. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 9, 519-525.

Neils, C. M., Udermann, B. E., Brice, G. A., Winchester, J. B., McGuigan, M. R. (2005). Influence of contraction velocity in untrained individuals over initial early phase of resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 883-887.

Paz, G., Robbins, D. W., Oliveira, C. G., Bottaro, M., & Miranda, H. (2016). Volume load and neuromuscular fatigue during an acute bout of agonist-antagonist paired-set versus traditional-set training. *Journal of Strength and Conditioning Research*.

Santiago, F. L. S., Paz, G. A., Maia, M. F., Santos, P. S., Santos, A. T. L., & Lima, V. P. (2012). Strength of maximum repetitions and tension time on leg press after static elongation in extensor and flexor knee. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 6, 3-9.

Schoenfeld, B. J. (2013). Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Medicine*, 43, 179-194.

Schoenfeld, B. J., Ogborn, D. I., & Krieger, J. W. (2015). Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 45, 577-585.

Scudese, E., Willardson, J. M., Simão, R., Senna, G., Salles, B. F., & Miranda, H. (2015). The effect of rest interval length on repetition consistency and perceived exertion during near maximal loaded bench press sets. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29, 3079-3083.

Shephard, R. J. (1988). PAR-Q: Canadian home fitness test and exercise screening alternatives. *Sports Medicine*, 5, 185-195.

Silva, J. B., Lima, V. P., Paz, G. A., Oliveira, C. R., D'urso, F., Nunes, R. A. M.,... Vale, R. G. S. (2016). Determination and comparison of time under tension required to perform 8, 10 and 12-RM loads in the bench press exercise. *Biomedical Human Kinetics*, 8, 153-158.

Simão, R., Salles, B. F., Figueiredo, T., Dias, I., & Willardson, J. M. (2012). Exercise order in resistance training. *Sports Medicine*, 42, 251-265.

Tanimoto, M., & Ishii, N. (2006). Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. *Journal of Applied Physiology*, 100, 1150-1157.

Tran, Q. T., Docherty, D., & Behm, D. (2006). The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. *European Journal of Applied Physiology*, 98, 402-410.

Trebs, A. A., Brandenburg, J. P., & Pitney, W. A. (2010). An electromyography analysis of 3 muscles surrounding the shoulder joint during the performance of a chest press exercise at several angles. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 1925-1930.

Triola, M. F. *et al.* (2005). *Introdução à estatística*. Rio de Janeiro: LTC.

Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine*, 37, 225-264.



**ANEXO A – PAR-Q****Physical Activity Readiness Questionnaire**

Este questionário tem o objetivo de identificar a necessidade de avaliação clínica antes do início da atividade física. Caso você marque mais de um sim, é aconselhável a realização da avaliação clínica. Contudo, qualquer pessoa pode participar de uma atividade física de esforço moderado, respeitando as restrições médicas.

Por favor, assinale “sim” ou “não” nas seguintes perguntas:

- 1) Alguma vez seu médico disse que você possui algum problema de coração e recomendou que você só praticasse atividade física sob prescrição médica?  
 sim     não
- 2) Você sente dor no peito causada pela prática de atividade física?  
 sim     não
- 3) Você sentiu dor no peito no último mês?  
 sim     não
- 4) Você tende a perder a consciência ou cair como resultado do treinamento?  
 sim     não
- 5) Você tem algum problema ósseo ou muscular que poderia ser agravado com a prática de atividades físicas?  
 sim     não
- 6) Seu médico já recomendou o uso de medicamentos para controle de sua pressão arterial ou condição cardiovascular?  
 sim     não
- 7) Você tem consciência, através de sua própria experiência e/ou aconselhamento médico, de alguma outra razão física que impeça a realização de atividades físicas?  
 sim     não

---

Data

---

Assinatura

## ANEXO B – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento

**Pesquisador:** Jurandir Baptista da Silva

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 61911215.3.0000.5259

**Instituição Proponente:** Hospital Universitário Pedro Ernesto

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.823.683

#### Apresentação do Projeto:

O volume e a intensidade do treinamento podem ser obtidos através do número total de repetições concluídas durante um período de tempo específico. No entanto, o tempo médio em que o músculo está sob tensão para 8, 10 e 12 repetições máximas (RM) não está totalmente claro na literatura, bem como as respostas musculares decorrentes do tempo sob tensão (TST) gerado por esta faixa de repetições. Sendo assim, o objetivo do presente estudo é verificar o tempo sob tensão, atividade eletromiográfica e níveis de lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento. Participarão da amostra 30 homens, com idade entre 18 e 30 anos. Serão adotados como critérios de inclusão: praticar os exercícios propostos há no mínimo seis meses e frequência semanal de duas vezes. Serão excluídos indivíduos que apresentarem lesão ou dor que impossibilite a correta execução do exercício ou PAR-Q positivo. Os participantes realizarão os testes de 8, 10 e 12 RM e o TST para cada uma destas faixas de repetição será verificado através da cinemetria. Com um intervalo mínimo de 48h os participantes realizarão os exercícios com o TST e a carga obtida. Serão verificados o número de repetições realizadas, a atividade eletromiográfica e os níveis de lactato sanguíneo provenientes do tempo em que os músculos estarão sob tensão para cada faixa de execuções múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento.

**Endereço:** Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo  
**Bairro:** Vila Isabel **CEP:** 20.551-030  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** cep-hupe@uerj.br



Continuação do Parecer: 1.823.683

#### **Objetivo da Pesquisa:**

##### **Objetivo Primário:**

Determinar o tempo sob tensão, a atividade eletromiográfica e os níveis de lactato em repetições máximas múltiplas nos exercícios supino reto e agachamento.

##### **Objetivo Secundário:**

- Verificar o tempo de tensão médio nas execuções de 8, 10 e 12 RM nos exercícios supino reto e agachamento.
- Identificar a atividade EMG dos músculos peitoral maior (partes clavicular e esternocostal), tríceps braquial e deltoide (parte clavicular), nas execuções de 8, 10 e 12 RM no exercício supino reto.
- Obter a atividade EMG dos músculos vasto medial oblíquo, vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral nas execuções de 8, 10 e 12 RM no exercício agachamento.
- Identificar os níveis de lactato nas execuções de 8, 10 e 12 RM nos exercícios supino reto e agachamento.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

##### **Riscos:**

Durante os protocolos experimentais podem ocorrer dores musculares tardias devido ao treinamento de resistido. Todavia, o posicionamento dos indivíduos durante os exercícios será criteriosamente controlado pelos pesquisadores, visando evitar compensações e lesões.

##### **Benefícios:**

Os participantes receberão gratuitamente uma avaliação sobre os níveis de capacidade funcional, atividade neural e desempenho neuromuscular.

Além de contribuir com as evidências sobre o controle das variáveis do treinamento de força, para assim, melhor embasar a prescrição de exercícios.

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Projeto de mestrado bem elaborado. Foram avaliadas as informações contidas na Plataforma Brasil e as mesmas se encontram dentro das normas vigentes e sem riscos eminentes aos participantes envolvidos de pesquisa.

#### **Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os documentos de apresentação obrigatória foram enviados a este Comitê, estando dentro das boas práticas e apresentando todas dados necessários para apreciação ética.

**Endereço:** Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo  
**Bairro:** Vila Isabel **CEP:** 20.551-030  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** cep-hupe@uerj.br



Continuação do Parecer: 1.823.683

#### Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto pode ser realizado da fora como está apresentado. Diante do exposto e à luz da Resolução CNS nº466/2012, o projeto pode ser enquadrado na categoria – APROVADO. Para ter acesso ao PARECER CONSUBSTANCIADO: Clicar na "LUPA" (DETALHAR) - Ir em "DOCUMENTOS DO PROJETO DE PESQUISA", clicar na opção da ramificação (pequeno triângulo no entrocamento do organograma) de pastas chamada – "Apreciação", e depois na Pasta chamada "Pareceres", o Parecer estará nesse local.

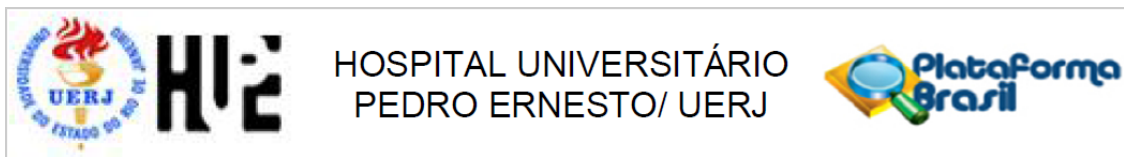
#### Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente, o CEP recomenda ao Pesquisador: Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e no termo de consentimento livre e esclarecido, para análise das mudanças; Informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa; O Comitê de Ética solicita a V. S<sup>a</sup>., que encaminhe relatórios parciais de andamento a cada 06 (seis) Meses da pesquisa e ao término, encaminhe a esta comissão um sumário dos resultados do projeto; Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.

#### Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_540159.pdf	09/10/2016 18:44:12		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_MESTRADO_TST_UERJ_FINAL_30_06_2016.doc	09/10/2016 18:22:25	Jurandir Baptista da Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao_de_ciencia.pdf	09/10/2016 18:06:14	Jurandir Baptista da Silva	Aceito
Cronograma	cronograma.pdf	19/09/2016 19:51:46	Jurandir Baptista da Silva	Aceito
Folha de Rosto	folho_de_rosto_assinada.pdf	31/07/2016 13:48:10	Jurandir Baptista da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.doc	30/06/2016 17:05:26	Jurandir Baptista da Silva	Aceito

**Endereço:** Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo  
**Bairro:** Vila Isabel **CEP:** 20.551-030  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** cep-hupe@uerj.br



Continuação do Parecer: 1.823.683

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

RIO DE JANEIRO, 17 de Novembro de 2016

---

**Assinado por:**  
**DENIZAR VIANNA ARAÚJO**  
(Coordenador)

**Endereço:** Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo  
**Bairro:** Vila Isabel **CEP:** 20.551-030  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** cep-hupe@uerj.br