

Hugo Cesar Martins Costa

**PROCOLOS DE TREINAMENTO NA MUSCULAÇÃO EQUIPARADOS PELO
TEMPO SOB TENSÃO PROVOCAM ALTERAÇÕES SIMILARES NA FORÇA E
HIPERTROFIA MUSCULAR**

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG
2017

Hugo Cesar Martins Costa

PROTÓCOLOS DE TREINAMENTO NA MUSCULAÇÃO EQUIPARADOS PELO TEMPO SOB TENSÃO PROVOCAM ALTERAÇÕES SIMILARES NA FORÇA E HIPERTROFIA MUSCULAR

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG
2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

A Tese intitulada “**Protocolos de Treinamento na Musculação Equiparados pelo Tempo sob Tensão Provocam Alterações Similares na Força e Hipertrofia Muscular**”, de autoria do doutorando **Hugo César Martins Costa**, defendida em 30 de maio de 2017, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, foi submetida à banca examinadora composta pelos professores:

Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas (orientador)
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Fernando Vitor Lima
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Roni Silveira Pinto
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Fernando Diefenthaler
Universidade Federal de Santa Catarina

Belo Horizonte, 30 de maio de 2017.

*A minha esposa, Vanessa,
por dividir comigo sonhos e sacrifícios.*

*Ao meu filho, Thomás,
pelos momentos de ausências que foram necessários.*

*Aos meus pais, Elizabeth e João,
por todo o esforço que fizeram para garantir a educação de seus filhos.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor Dr. Mauro Chagas (EEFFTO/UFMG), pelo exemplar comprometimento com a formação profissional, desde a graduação até a pós-graduação.

A equipe do Laboratório do Treinamento na Musculação (LAMUSC), coordenada pelo professor Dr. Fernando Lima, especialmente aqueles que puderam empenhar mais tempo para a realização dos experimentos: Felipe Alencar, Mateus Camargos, Vinícius Bittar, Rodrigo Barbosa e Lucas Lacerda.

Ao professor Dr. Michael Bembem (University of Oklahoma, Estados Unidos), pela abertura dada à complementação da minha formação técnica e pessoal em outro país.

Ao Departamento de Educação Física da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (DEF/PUC Minas), pelo apoio dado à formação continuada de seus docentes.

Ao professor Ms. Ion Willer (Instituto Politécnico da PUC Minas), pelo auxílio durante a construção do equipamento para realização de medida de deslocamento.

Ao professor Dr. Gustavo Peixoto (EEFFTO/UFMG), pela colaboração no tratamento dos dados mecânicos e também na construção do equipamento de medida de deslocamento.

Ao professor Dr. André Andrade (EEFFTO/UFMG), pelo auxílio na discussão das análises estatísticas.

Ao professor Dr. Rodrigo Diniz (EEFFTO/UFMG), pela disponibilidade nas discussões finais da tese.

Ao meu tio Paulo Santiago, pelo suporte constante para a solução de problemas técnicos com equipamentos durante a coleta de dados.

A todos os voluntários que participaram dos experimentos.

Aos familiares e amigos que me apoiaram ao longo do processo de doutoramento.

A Deus, por permitir a conclusão de mais uma importante etapa...

RESUMO

Protocolos de treinamento de força equiparados pelo tempo sob tensão (TST), porém com diferentes números de repetição e durações das repetições, provocam respostas neuromusculares agudas distintas. No entanto, permanece em aberto se tais protocolos promovem aumentos diferentes da força e massa muscular após um período de treinamento. O presente estudo objetivou: (a) avaliar o efeito de dois protocolos de treinamento equiparados pelo TST no aumento das áreas de secção transversa (AST) regionais e totais (somatório das AST regionais) dos músculos do peitoral maior e tríceps braquial; (b) verificar o impacto destes mesmos protocolos no desempenho de uma repetição máxima (1RM), resistência de força (RF) e de contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) realizadas em diferentes amplitudes de movimento. Participaram do estudo 33 indivíduos do sexo masculino que não realizavam treinamento de força pelo menos nos últimos seis meses, sendo divididos em três grupos: dois experimentais (Protocolos A e B) e um Controle (sem treinamento). Os protocolos realizados por cada grupo experimental (10 semanas) foram diferenciados pelo número de repetições (6 ou 12) e duração da repetição (6 s ou 3 s), porém equiparados em relação ao TST (36s por série), número de séries (3 a 4), intensidade (50 a 55% de 1RM) e pausa entre séries (3 min). O Protocolo A foi caracterizado por maior número de repetições e menor duração da repetição (12 repetições; duração da repetição 3 s), enquanto o Protocolo B menor número de repetições e maior duração da repetição (6 repetições; duração da repetição 6 s). Os treinamentos e testes de força ocorreram no exercício supino guiado. Após a coleta de dados, análises de variância foram aplicadas a todas as variáveis, adotando-se um nível de significância de 0,05. Os grupos experimentais apresentaram aumentos das AST musculares totais e regionais quando comparados ao grupo Controle, porém sem diferenças entre os Protocolos A e B. Não foram verificadas diferenças na hipertrofia regional do músculo peitoral maior. Entretanto, no músculo tríceps braquial, o aumento da AST na região distal foi maior quando comparado com as regiões média e proximal. Os grupos experimentais obtiveram aumentos similares nos testes de 1RM, RF e CIVM, porém maiores que o grupo Controle. Conclui-se que protocolos de treinamento com mesmo TST promovem ganhos de força e hipertrofia muscular semelhantes. Adicionalmente, a realização de treinamento de força no exercício supino guiado provoca alterações hipertróficas não homogêneas ao longo do comprimento do músculo tríceps braquial.

Palavras-chave: Exercício Físico. Treinamento de força. Hipertrofia muscular.

ABSTRACT

Resistance training protocols equated by time under tension (TUT), but configured with different repetition numbers and repetition durations, elicit distinct acute neuromuscular responses. However, it is not yet clear whether such protocols promote different increases in strength and muscle mass after a training period. The present study aimed: (i) to evaluate the effect of two training protocols equated by TUT in the increase of cross sectional area (total and regional) of the muscles pectoralis major and triceps brachii; (b) to verify the impact of those protocols on the performance of one maximum repetition test (1RM), strength endurance (SE), and maximum isometric voluntary contractions (MIVC) performed in different ranges of motion. Thirty-three male subjects who did not perform strength training at least the last six months were divided into three groups: two experimental (Protocols A and B) and a Control group (no training). The protocols performed by each experimental group (10 weeks) were differentiated by the number of repetitions (6 or 12) and repetition durations (6s or 3s), but equated by TUT (36s per set), number of sets (3-4), intensity (50-55% of 1RM) and rest interval (3 min). Protocol A was characterized by higher number of repetitions and shorter duration of repetition (12 repetitions, 3s repetition duration), while Protocol B had lower number of repetitions and longer duration of repetition (6 repetitions, 3s repetition duration). The training and strength tests occurred in smith machine bench press. After data collection, analysis of variance was applied to all variables, adopting a level of significance of 0.05. The experimental groups demonstrated an increase in total and regional muscle cross sectional areas when compared to the Control group, but without differences between Protocols A and B. No differences were found in regional hypertrophy of the pectoralis major muscle, but in the triceps brachii muscle, the gain in the distal region was higher when compared to the middle and proximal regions. The experimental groups obtained similar increases in the 1RM, SE, and MIVC tests, but higher than the Control group. We conclude that training protocols with the same TUT promote similar strength gains and muscle hypertrophy. In addition, performing the bench press exercise causes non-homogeneous hypertrophic changes along the length of the triceps brachii muscle.

Keywords: Physical Exercise. Strength training. Muscular hypertrophy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Desenho experimental do estudo.....	29
Figura 2	Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região proximal do tríceps braquial.....	32
Figura 3	Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região média do tríceps braquial.....	33
Figura 4	Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região distal do tríceps braquial.....	33
Figura 5	Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região medial do peitoral maior.....	34
Figura 6	Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região média do peitoral maior.....	35
Figura 7	Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região lateral do peitoral maior.....	35
Figura 8	Equipamentos utilizados para testes de força e treinamento.....	38
Figura 9	Realização do teste de contração isométrica voluntária máxima nas três amplitudes de movimento.....	39
Gráfico 1	Perfis cinéticos excêntricos e concêntricos dos protocolos de treinamento com destaque nas comparações intergrupos.....	44
Gráfico 2	Alteração percentual do somatório das áreas de secção transversa do músculo peitoral maior.....	49
Gráfico 3	Alteração percentual da área de secção transversa do músculo peitoral maior em diferentes regiões.....	50
Gráfico 4	Alteração percentual do somatório das áreas de secção transversa do músculo tríceps braquial.....	51
Gráfico 5	Alteração percentual da área de secção transversa do músculo tríceps braquial em diferentes regiões.....	52
Gráfico 6	Alteração percentual no desempenho do teste de contração isométrica voluntária máxima.....	53
Gráfico 7	Alteração percentual no desempenho do teste de 1RM.....	55
Gráfico 8	Evolução do desempenho de 1RM grupos experimentais ao longo do período de treinamento.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Caracterização da amostra.....	30
Tabela 2	Confiabilidade das medidas de área de secção transversa dos músculos peitoral maior e tríceps braquial.....	37
Tabela 3	Confiabilidade das medidas de contração isométrica voluntária máxima obtida em três amplitudes de movimento do exercício supino.....	40
Tabela A	Somatório das áreas de secção transversa do músculo peitoral maior (cm ²).....	86
Tabela B	Área de secção transversa do músculo peitoral maior em diferentes regiões musculares (cm ²).....	86
Tabela C	Somatório das áreas de secção transversa do músculo tríceps braquial (cm ²).....	87
Tabela D	Área de secção transversa do músculo tríceps braquial em diferentes regiões musculares (cm ²).....	87
Tabela E	Desempenho de força (N) no teste de contração isométrica voluntária máxima realizado em diferentes amplitudes de movimento.....	87
Tabela F	Desempenho de força no teste de 1RM (kg).....	87
Tabela G	Desempenho de teste de resistência de força (número de repetições realizadas a 70% 1RM).....	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1RM	–	Uma repetição máxima
ANOVA	–	Análise de Variância
AST	–	Área de secção transversa
AST _{músculo}	–	Somatório das áreas de secção transversa do músculo
AST _{regional}	–	Área de secção transversa regional do músculo
EPM	–	Erro Padrão de Medida
CCI	–	Coeficiente de Correlação Intraclasse
CIVM	–	Contração isométrica voluntária máxima
CV	–	Coeficiente de Variação
EEFFTO	–	Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
LAMUSC	–	Laboratório do Treinamento na Musculação
RF	–	Resistência de força
RM	–	Ressonância magnética
TST	–	Tempo sob tensão
UFMG	–	Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.2	Identificação do problema de estudo	23
1.3	Objetivos.....	25
1.3	Hipóteses.....	26
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
2.1	Delineamento experimental	28
2.2	Amostra.....	29
2.3	Procedimentos.....	30
2.3.1	<i>1ª semana do estudo....</i>	30
2.3.2	<i>2ª semana do estudo....</i>	37
2.3.3	<i>3ª a 12ª semana do estudo.....</i>	41
2.3.4	<i>13ª semana do estudo.....</i>	45
2.4	Variáveis mensuradas.....	46
2.4.1	<i>Alteração percentual da área de secção transversa muscular.....</i>	46
2.4.2	<i>Alteração percentual do desempenho de contração isométrica voluntária máxima.....</i>	46
2.4.3	<i>Alteração percentual do desempenho de 1RM.....</i>	46
2.4.4	<i>Alteração percentual do desempenho de resistência de força.....</i>	47
2.5	Análise estatística.....	47
3	RESULTADOS.....	49
4	DISCUSSÃO.....	57
4.1	Alteração percentual da $AST_{\text{músculo}}$	57
4.2	Alteração percentual da AST_{regional}	61
4.3	Alteração percentual da CIVM.....	65
4.4	Alteração percentual de 1RM.....	67
4.5	Alteração percentual da RF.....	70
5	CONCLUSÃO.....	72
	REFERÊNCIAS	72
	APÊNDICES.....	84
	ANEXOS.....	90

1 INTRODUÇÃO

O tempo sob tensão (TST) influencia a resposta hipertrófica muscular provocada pelo treinamento de força na musculação (TANIMOTO; ISHII, 2006; USUI *et al.*, 2016; WATANABE *et al.*, 2013). Em protocolos de treinamento de força executados na musculação, é possível que o TST seja configurado pela manipulação de diferentes variáveis, tais como a duração da repetição (tempo gasto para realizar uma ação concêntrica, excêntrica e isométrica) (SCHOENFELD *et al.*, 2015a) e o número de repetições realizadas ao longo de uma série (ACSM, 2009; LACERDA *et al.*, 2016; TRAN; DOCHERTY, 2006). Isso faz com que protocolos de treinamento possam apresentar o mesmo TST, porém sejam configurados diferentemente a partir dessas duas variáveis (LACERDA *et al.*, 2016; TRAN; DOCHERTY, 2006). Embora alguns estudos tenham analisado o efeito da realização de protocolos de treinamento com diferentes durações das repetições e números de repetições em respostas hipertróficas musculares (SCHUENKE *et al.*, 2012; WATANABE *et al.*, 2014), os protocolos adotados nestas investigações não permitiram a equiparação do TST. Portanto, permanece em aberto qual seria o impacto da configuração do TST no aumento da massa muscular.

Já foi demonstrado que protocolos equiparados pelo TST, porém com diferentes números de repetição e durações das repetições, provocam respostas neuromusculares agudas distintas (LACERDA *et al.*, 2016; TRAN; DOCHERTY, 2006; TRAN *et al.*, 2006). Recentemente Lacerda *et al.* (2016) compararam o efeito de dois protocolos de treinamento na resposta eletromiográfica de músculos envolvidos no exercício supino guiado (peitoral maior, deltoide anterior e tríceps braquial). Em um dos protocolos, os voluntários realizaram 3 séries de 12 repetições a uma duração da repetição de 3 s, enquanto que o outro protocolo consistiu na execução de 3 séries de 6 repetições, com duração da repetição de 6 s. Em ambas as condições experimentais os voluntários mantiveram um mesmo TST (108s), assim como pausas entre séries (3 min) e intensidade relativa (60% de uma repetição máxima – 1RM). Lacerda *et al.* (2016) 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. Pelo menos em parte, amplitude do sinal eletromiográfico obtida durante a realização do exercício tem sido um indicativo da ocorrência de maior recrutamento de unidades motoras (SUZUKI *et al.*, 2002), que por sua vez, é apontada como uma importante resposta neuromuscular aguda de protocolos de

treinamento prescritos com o objetivo de aumento de força e hipertrofia muscular (LOENNEKE *et al.*, 2011; SCHOENFELD, 2013b; TAKADA *et al.*, 2012). Considerando a expectativa de que as fibras musculares recrutadas durante o treinamento de força estariam mais susceptíveis à adaptação (WAKAHARA *et al.*, 2012; WAKAHARA *et al.*, 2013a; WEST *et al.*, 2010), o protocolo caracterizado pelo maior número de repetições e menor duração da repetição, que resulta em maior ativação muscular (LACERDA *et al.*, 2016), poderia então promover maiores respostas relacionadas ao aumento da força e hipertrofia muscular.

Deve-se também destacar que a realização de protocolos configurados com diferentes durações das repetições e números de repetições, mesmo quando equiparados pelas demais variáveis, terão diferenças em suas características mecânicas, fator que também tem sido associado com respostas crônicas específicas obtidas por meio do treinamento de força (CREWETHER *et al.*, 2005; MOHAMAD *et al.*, 2012; NICHOLSON *et al.*, 2016). Ao se prescrever uma menor duração das repetições em um protocolo de treinamento de força na musculação, o indivíduo irá executar movimentos mais rápidos, conseqüentemente acarretando maiores picos de força nas repetições realizadas durante o exercício (BENTLEY *et al.*, 2010; SAMPSON *et al.*, 2014). Partindo da aceitação de que o estímulo mecânico é crítico para o desenvolvimento e manutenção muscular (SPIERING *et al.*, 2008; GONZALEZ *et al.*, 2016) e que mudanças na magnitude dos estímulos mecânicos são percebidas pelo músculo (GEHLERT *et al.*, 2015; MARTINEAU; GARDINER, 2001), o aumento da tensão muscular proporcionado pela maior aplicação de força a cada repetição se tornaria um fator importante para induzir adaptações neuromusculares (EARP *et al.*, 2015; SAMPSON, GROELLER, 2016). Tal hipótese foi recentemente reforçada pelos resultados do estudo de Sampson e Groeller (2016), que demonstraram que mesmo ao se reduzir aproximadamente 300% do TST, protocolos de treinamento realizados com altas velocidades (3 séries de 4 repetições a 85% 1RM, pausas de 3 min, velocidades máximas de movimento) promoveram níveis similares de hipertrofia que protocolos executados com movimentos mais lentos (3 séries de 6 repetições a 85% 1RM, pausas de 3 min, duração da repetição controlada em 4 s). Portanto, levando em conta que a tensão mecânica na musculatura é também apontada como fator determinante para a ocorrência de adaptações neuromusculares, protocolos executados com maior número de repetições e menores durações das repetições (maior velocidade) apresentariam níveis superiores de hipertrofia quando comparados com protocolos

equiparados pelo TST que apresentem menor número de repetições e maior duração da repetição. Estudos futuros necessitam ser realizados para confirmar esta expectativa.

Outra característica que distingue protocolos equiparados em TST, porém com diferentes números de repetições e durações das repetições, é a própria variável número de repetições, utilizada também como um dos marcadores de volume de treinamento (ACSM, 2009; WATANABE *et al.*, 2014). O volume executado em uma sessão de treinamento de força tem sido considerado relevante para a ocorrência de hipertrofia muscular (ACSM, 2009; BIRD *et al.*, 2005). Há indicações de que o aumento do número de repetições realizado em uma sessão de treinamento favoreceria respostas hipertróficas musculares (WERNBOM *et al.*, 2007), embora pesquisas têm centrado suas análises prioritariamente em comparações de número de séries executadas (KRIEGER, 2010; PETERSON *et al.*, 2011; SCHOENFELD *et al.*, 2017), e não no número de repetições dentro da série. Adicionalmente, apesar de estudos já terem comparado protocolos caracterizados por diferentes números de repetições durante a série (MITCHELL *et al.*, 2012; SCHUENKE *et al.* 2012; WATANABE *et al.*, 2014), deve-se destacar que o TST e intensidade desses protocolos de treinamento não foram equiparados, dificultando associar os resultados especificamente ao efeito do número de repetições. Mesmo considerando as limitações sobre o entendimento atual do efeito do número de repetições no aumento da massa muscular, é possível que o aumento do número de repetições ao longo de uma série possa provocar um maior recrutamento de unidades motoras durante a realização do protocolo de treinamento de força (SMILLIUS *et al.*, 2010; WALKER *et al.*, 2012; YUE *et al.*, 1994), potencializando assim a ocorrência da hipertrofia muscular (SCHOENFELD, 2013b). Portanto, ao se comparar protocolos equiparados pelo TST, porém configurados por diferentes durações das repetições e número de repetições, novamente seria esperado que as situações de treinamento executadas com movimentos mais rápidos associados a maiores volumes possam promover maiores ganhos de massa muscular.

O impacto de protocolos de treinamento na hipertrofia nos diferentes músculos que participam de exercícios multiarticulares é outro aspecto que necessita de maior esclarecimento nos estudos envolvendo o treinamento de força (RIBEIRO *et al.*, 2017). Apesar da prescrição de exercícios multiarticulares estar presente no treinamento de força visando o aumento da massa muscular (ACSM, 2009; BIRD *et al.*, 2005), apenas recentemente observou-se uma maior preocupação com o monitoramento da hipertrofia dos vários músculos que atuam em tais exercícios, particularmente no registro simultâneo da hipertrofia provocada nos diferentes músculos que promovem movimento em articulações

distintas (MANGINE *et al.*, 2015; OGASAWARA *et al.*, 2011, 2012, 2013; POPOV *et al.*, 2006; YASUDA *et al.*, 2010, 2011, 2014a, 2014b, 2015). A maior parte desses estudos monitorou a resposta hipertrófica dos músculos peitoral maior e tríceps braquial envolvendo o exercício supino (OGASAWARA *et al.*, 2011, 2012, 2013; YASUDA *et al.*, 2010, 2011, 2015), sendo que apenas um estudo realizou medidas de alterações morfológicas em diferentes regiões dos músculos citados (OGASAWARA *et al.*, 2013). Considerando que a resposta hipertrófica pode não ocorrer igualmente ao longo do comprimento muscular (BLOOMQUIST *et al.*, 2014; WAKAHARA *et al.*, 2013a; WAKAHARA *et al.*, 2015), medidas em diferentes regiões do músculo se tornam fundamentais para entender as alterações provocadas pelo treinamento de força (ANTONIO, 2000). Ogasawara *et al.* (2013) mensuraram a área de secção transversa (AST) muscular do peitoral maior e tríceps braquial em diferentes regiões desses músculos, reportando tanto as medidas de volume muscular (somatório de todas as AST musculares multiplicadas pela própria espessura das imagens) quanto a AST em locais específicos (25%, 50% e 75% da distância entre o acrômio e olécrano). Durante um período de 24 semanas, os voluntários foram submetidos a um protocolo de treinamento utilizando o exercício supino, composto por 3 séries de 10 repetições, realizadas a 75% 1RM e com pausas entre 2 a 3 min entre séries. Foi demonstrado que o músculo peitoral maior apresentou aumento de 39,4% do volume muscular, enquanto que o tríceps braquial, apenas 21,4%, indicando maior resposta hipertrófica no primeiro músculo. Esse resultado é consistente com de outras investigações que fizeram medidas de AST ou espessura muscular em apenas um ponto anatômico dos músculos peitoral maior e tríceps braquial após períodos de 6 a 24 semanas de treinamento no exercício supino (OGASAWARA *et al.*, 2011, 2012; YASUDA *et al.*, 2011). Com relação às medidas realizadas nas diferentes regiões musculares, os autores registraram aumentos de 36,3%, 37,3% e 40,0% para o peitoral maior e de 19,5%, 20,9% e 19,8% para o tríceps braquial (respectivamente nas distâncias de 25%, 50% e 75% entre o acrômio e olécrano).

Embora Ogasawara *et al.* (2013) tenham apresentado os valores de aumento relativo da AST muscular para as diferentes regiões dos músculos peitoral maior e tríceps braquial, tais autores não utilizaram estatística inferencial na comparação, dificultando a identificação de alterações morfológicas regionais provocadas pelo exercício supino em cada músculo. Adicionalmente, as medidas do peitoral maior na investigação de Ogasawara *et al.* (2013) não levaram em consideração a resposta hipertrófica ao longo do comprimento, mas sim das porções clavicular e esternal desse mesmo músculo, uma vez que as imagens foram realizadas

no plano axial. A obtenção de medidas de AST ao longo do comprimento muscular pode trazer informações complementares sobre a hipertrofia regional. Esta expectativa é baseada no fato de que a ativação e/ou a tensão muscular não ocorrem de forma homogênea em toda a extensão do músculo (BLAZEVIETH *et al.*, 2006; EARP *et al.*, 2015; WAKAHARA *et al.*, 2013a). Portanto, novos estudos deveriam apresentar um detalhamento diferente da resposta hipertrófica do músculo peitoral maior após períodos de treinamento executados no exercício supino.

Os dados de estudos prévios indicam que, ao se realizar um protocolo de treinamento de força utilizando exercícios multiarticulares, há a expectativa de ocorrência de respostas hipertróficas diferentes entre os músculos que participam deste tipo de tarefa (OGASAWARA *et al.*, 2013; YASUDA *et al.*, 2015). Além disso, existem evidências de que a alteração do próprio protocolo de treinamento pode provocar hipertrofia de forma não homogênea nos músculos envolvidos durante a realização de exercícios multiarticulares (BLOOMQUIST *et al.*, 2013; EARP *et al.*, 2015; MCMAHON *et al.*, 2014a). Bloomquist *et al.* (2013) verificaram que protocolos de treinamento executados no exercício de agachamento com maiores amplitudes de movimento provocou resposta hipertrófica em todas as regiões da musculatura anterior da coxa, enquanto que o treinamento com amplitude de movimento reduzida gerou alterações morfológicas apenas na parte proximal da mesma musculatura. Earp *et al.* (2015) analisaram, ao longo de 8 semanas, o impacto de treinamentos realizados no exercício de agachamento guiado no aumento da AST do grupo muscular quadríceps, bem como na AST individual dos músculos que compõe esse grupo muscular (vasto lateral, vasto medial, vasto intermédio e reto femoral). A AST muscular foi mensurada nas regiões proximal, médio e distal da coxa dos voluntários, correspondendo, respectivamente, às imagens de 33%, 50% e 67% da distância entre o trocânter maior e epicôndilo lateral do fêmur dos sujeitos. Foram comparados dois protocolos de treinamento: alta intensidade-baixo volume (denominado “treinamento de força”) e alta velocidade-baixa intensidade (denominado “treinamento de potência”). Quando analisada a AST total do quadríceps, os resultados do estudo demonstraram que os protocolos de treinamento foram similares quanto à capacidade de provocar hipertrofia muscular nos diferentes pontos anatômicos mensurados. Entretanto, ao se realizar a análise separada dos músculos que compõem o quadríceps, foram verificadas alterações não homogêneas das AST musculares. Enquanto o protocolo de força provocou alterações significativas da AST dos músculos vasto intermédio e vasto lateral nas regiões médio e proximal da coxa, o protocolo de potência proporcionou aumentos

significativos nas regiões médio e distal desses mesmos músculos. Embora possíveis explicações tenham sido apresentadas pelos autores, Earp *et al.* (2015) salientaram a possibilidade da existência de uma ativação muscular seletiva da musculatura durante a realização de cada um dos protocolos de treinamento, algo já identificado em outras investigações (WAKAHARA *et al.*, 2013a; WAKAHARA *et al.*, 2015). Adicionalmente, os autores levantaram também a possibilidade de que fibras musculares localizadas distalmente (mais próximas do eixo articular da articulação do joelho) seriam mais exigidas em movimentos com maiores velocidades, uma vez que a capacidade de transmissão de tensão rápida dessas fibras seria favorecida pela conexão com componentes elásticos musculares mais curtos e, conseqüentemente, mais rígidos (EARP *et al.*, 2011). Sendo assim, movimentos com maior taxa de produção de força, como os executados pelo protocolo de potência do estudo de Earp *et al.* (2015), acabariam proporcionando mais tensão nesta parte da musculatura, justificando as alterações de AST mais distais observadas nesse protocolo de treinamento. Por outro lado, no protocolo de força, no qual movimentos mais lentos foram executados, haveria um aumento da contribuição da tensão por parte de fibras mais distantes da articulação do joelho, favorecendo assim, a hipertrofia de tais fibras musculares. Adaptações estruturais podem permitir que a unidade músculo-tendão responda funcionalmente de maneira mais efetiva a exigências específicas (BLAZEVICH *et al.*, 2006). Em protocolos de treinamento com menor duração da repetição é esperado que maiores demandas de produção de força ocorram em determinada posição da curva de comprimento-tensão. Neste sentido, a unidade músculo-tendão deveria responder de forma otimizada, permitindo que maiores valores de força possam ser produzidos em tempos menores e em determinada posição angular. Portanto, a produção de força em fascículos musculares mais distais em relação ao tendão e aponeurose poderia ser influenciada pela cadeia de estruturas de interface e pelo nível de rigidez das estruturas mais proximais. Devido a possível ineficiência na transmissão de força da direção distal para a proximal, a ativação de fibras musculares de fascículos mais proximais poderia representar uma opção mais eficiente. Contudo, esta hipótese necessita ser verificada. Estudos futuros que investiguem a hipertrofia regional diferenciada poderão fornecer subsídios para responder a esta questão.

Os resultados da pesquisa de Earp *et al.* (2015) trazem contribuições para o entendimento do efeito do protocolo de treinamento de força na hipertrofia muscular regional, principalmente em relação velocidade do movimento. Entretanto, deve-se destacar que a hipertrofia regional foi analisada em apenas um grupo muscular (quadríceps). Conforme

previamente apresentado, exercícios multiarticulares parecem promover magnitudes distintas de resposta hipertrófica nos músculos que atuam em diferentes articulações (OGASAWARA *et al.*, 2013; YASUDA *et al.*, 2015). Portanto, novas investigações deveriam também analisar o impacto da alteração do protocolo de treinamento nas respostas hipertróficas regionais dos demais músculos que atuam em diferentes articulações de exercícios multiarticulares. Particularmente, considerando que a alteração da velocidade do movimento parece influenciar a região de ocorrência da hipertrofia muscular (EARP *et al.*, 2015), seria interessante analisar se esta resposta se aplica a músculos que atuam em diferentes articulações. Adicionalmente, considerando a existência de características estruturais específicas em cada músculo (BLAZEVIČH *et al.*, 2006; KAWAKAMI *et al.*, 2006), cabe também verificar se a interferência do protocolo de treinamento na hipertrofia regional se aplica a músculos exigidos em outros exercícios multiarticulares, como por exemplo, o exercício supino.

Outro aspecto a ser analisado em protocolos de treinamento equiparados pelo TST, porém que apresentem diferenças no número de repetições e duração das repetições, diz respeito ao próprio desempenho de força. Considerando as expectativas de diferenças mecânicas (BENTLEY *et al.*, 2010) e neurofisiológicas (LACERDA *et al.*, 2016) já previamente apresentadas entre protocolos configurados diferentemente em relação ao número de repetições e duração da repetição, é possível hipotetizar que as respostas de adaptação da força muscular também não sejam similares.

Diversos testes são utilizados para o monitoramento da força muscular (BROWN; WEIR, 2001; MCMASTER *et al.*, 2014). Para a mensuração de alterações da força máxima voluntária, o teste de 1RM é frequentemente aplicado, considerando, dentre outros motivos, o fato de não requerer recursos adicionais além do próprio equipamento utilizado nas sessões de treinamento (MCMASTER *et al.*, 2014). Entretanto, deve-se destacar que o teste de 1RM apresenta limitações no detalhamento do desempenho de força máxima (*e.g.*, ausência de registros de força máxima em diferentes posições articulares).

A capacidade de geração de torque/força ocorre de forma variável ao longo da amplitude de movimento (ADM), tanto em exercícios monoarticulares (GRAVES *et al.*, 1989; NOORKOIV *et al.*, 2014; THÉPAUT-MATHIEU *et al.*, 1988; WEIR *et al.*, 1995) quanto multiarticulares (VAN DEN TILLAAR *et al.*, 2012; YOUNG *et al.*, 2014). Sugere-se que menores desempenhos ocorram principalmente devido à maior desvantagem mecânica na produção de torque durante o exercício (GOMO; VAN DEN TILLAAR, 2016; VAN DEN

TILLAAR *et al.*, 2012), que por sua vez seria determinada pela interação entre o comprimento dos músculos, seus braços de momento internos e os braços de momento externos obtidos na execução do teste (KOMPF; ARANDJELOVIC, 2016; 2017). Desta forma, a mensuração da força máxima apenas por meio do teste de 1RM representaria um desempenho submáximo fora da ADM relacionada com a região de desvantagem mecânica (BROWN; WEIR, 2001; VAN DEN TILLAAR *et al.*, 2012). Portanto, visando ampliar as possibilidades de mensuração da força máxima, bem como avaliar este desempenho ao longo da ADM, testes isocinéticos ou contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) executadas em diferentes distâncias lineares (RATAMESS *et al.*, 2016; VAN DEN TILLAAR *et al.*, 2012; YOUNG *et al.*, 2014) ou ângulos articulares (ALEGRE *et al.*, 2014; NOORKOIV *et al.*, 2014; 2015; THÉPAUT-MATHIEU *et al.*, 1988; WEIR *et al.*, 1995) são utilizados.

Conforme previamente abordado, pesquisas têm procurado descrever a característica da aplicação de força instantânea ao longo da ADM (no presente estudo, entendido como “perfil cinético”) ao se manipular a duração da repetição em protocolos de treinamento de força executados em equipamentos de musculação (resistência decorrente de uma massa constante) (BENTLEY *et al.*, 2010; SAMPSON *et al.*, 2014; TANIMOTO; ISHII, 2006). Ao comparar protocolos executados pelos mesmos sujeitos utilizando o mesmo peso absoluto, verifica-se que diferentes durações das repetições provocam variações da força em pontos específicos da ADM (BENTLEY *et al.*, 2010; SAMPSON *et al.*, 2014), com destaque para o início e final das ações musculares concêntricas e excêntricas. No estudo de Sampson *et al.* (2014), por exemplo, a realização de menores durações das repetições (movimentos balísticos) provocou maiores valores instantâneos de força em ADM correspondentes ao final da ação excêntrica e início da ação concêntrica quando comparado com um protocolo executado com maiores durações das repetições (2 s concêntrico; 2 s excêntrico). Por outro lado, resultados opostos ocorreram ao se analisar a força aplicada na transição entre as ações concêntricas e excêntricas, isto é, o protocolo de maior duração da repetição proporcionou valores instantâneos de força superiores no final da ação concêntrica e início da ação excêntrica. Achados similares foram apresentados por Bentley *et al.* (2010) ao monitorarem a força de reação no solo durante a realização do exercício de agachamento, com durações das repetições variando entre 2s (1 s concêntrico; 1 s excêntrico) e 6s (2 s concêntrico; 4 s excêntrico).

Com base nos resultados dos estudos acima apresentados (BENTLEY *et al.*, 2010; SAMPSON *et al.*, 2014), espera-se que ao se manipular a duração da repetição, os músculos envolvidos na realização de um exercício em equipamento de musculação sofrerão magnitudes de tensão diferentes ao longo da ADM, portanto, em comprimentos musculares também diferentes. Pesquisas já demonstraram que treinamentos isométricos em ADM específicas (THÉPAUT-MATHIEU *et al.*, 1988; WEIR *et al.*, 1995) ou treinamentos dinâmicos em faixas restritas de ADM (GRAVES *et al.*, 1989; 1992) promovem aumentos da força principalmente próximo do comprimento muscular no qual o músculo é treinado. Graves *et al.* (1989), por exemplo, compararam o efeito de 10 semanas de treinamento realizado em menores e maiores comprimentos do quadríceps (ADM 0°-60° e ADM 60°-120°, respectivamente; 0° = extensão completa do joelho). Os treinamentos foram realizados no exercício “banco extensor” e testes de CIVM executados em oito posições diferentes ao longo da ADM do joelho. Quando comparados os ganhos obtidos entre os grupos, verificou-se que os sujeitos que treinaram em menores comprimentos obtiveram maiores aumentos de força na faixa de ADM de 20° a 50°, enquanto que o treinamento realizado em maiores comprimentos musculares proporcionou maior desempenho de 80° a 95°. Resultados similares foram encontrados em um estudo posterior dos mesmos pesquisadores (GRAVES *et al.*, 1992), porém realizado em um exercício de extensão de tronco. Embora os mecanismos que explicam o aumento de força em posições específicas não estejam totalmente elucidados, alguns aspectos parecem ser convergentes na literatura (ALEGRE *et al.*, 2014; MCMAHON *et al.*, 2014a; MACMAHON *et al.*, 2014b; NOORKOIV *et al.*, 2014). No estudo de Alegre *et al.* (2014), no qual os sujeitos realizaram o exercício banco extensor isometricamente em posições alongadas e encurtadas (extensão de joelho a 90° e 50°, respectivamente; 0° = extensão completa), foi demonstrado que o pico de torque isocinético se deslocou para maiores ou menores ADM na dependência do protocolo utilizado, reforçando a expectativa de ocorrência de adaptações maiores próximas das ADMs treinadas. Adicionalmente, os autores demonstraram que aumentos da amplitude do sinal eletromiográfico do quadríceps ocorreram próximo de ADM treinadas no protocolo realizado com ADM menores. Por outro lado, apenas o protocolo realizado com maior ADM provocou aumentos no ângulo de penação (50% do comprimento do fêmur) e da espessura muscular em todas as regiões avaliadas do quadríceps (25%, 50%, 75% do comprimento do fêmur), sugerindo que a realização de treinamentos em posições musculares mais alongadas promovesse alterações predominantemente na arquitetura muscular. Achados sobre alterações estruturais da musculatura em treinamentos realizados com maiores ADM reforçam os resultados desta

pesquisa (MCMAHON *et al.*, 2014a; 2014b; NOORKOIV *et al.*, 2014). Neste sentido, levando em conta a expectativa das diferenças na aplicação de força em protocolos com diferentes durações das repetições (consequentemente com diferentes perfis cinéticos), é possível pensar que tais protocolos provocariam maior desenvolvimento da força em ADM nas quais maiores níveis instantâneos de força são aplicados. Entretanto, não foram encontrados estudos que descrevessem o perfil cinético em treinamentos executados em equipamentos de musculação e seus respectivos efeitos no desenvolvimento da força muscular em diferentes ADM.

O desempenho de 1RM parece ser também influenciado pela execução de protocolos com diferentes durações das repetições (DAVIES *et al.*, 2017), podendo inclusive sofrer impacto do perfil cinético associado ao treinamento realizado. Como mencionado, protocolos de treinamento com menor duração da repetição promovem maior aplicação de força próximo à transição excêntrico-concêntrica do movimento (SAMPSON *et al.*, 2014; BENTLEY *et al.*, 2010). Além disso, particularmente no exercício de musculação supino, tem sido demonstrado que a região de maior dificuldade de realização do movimento (“*sticking region*”) ocorre geralmente na primeira metade do deslocamento concêntrico da barra (KOMPF; ARANDJELOVIC, 2017). Neste sentido, considerando a expectativa de que protocolos com menor duração da repetição, em função do seu perfil cinético, promovam maiores ganhos de força próximo ao início da ação concêntrica, é possível pensar que esta adaptação promoveria vantagens para que o praticante ultrapasse com maior facilidade a região de maior desvantagem mecânica do exercício supino, uma vez que, este sujeito poderia produzir um maior impulso inicial na barra (KOMPF; ARANDJELOVIC, 2016). Esta hipótese é suportada por estudos que compararam protocolos com diferentes durações das repetições no exercício supino, indicando maior possibilidade de alteração do desempenho de 1RM em movimentos realizados de força explosiva (GONZÁLEZ-BADILLO *et al.*, 2014; PADULO *et al.*, 2012). Adicionalmente à possibilidade de ganho de força em ADM específica e sua relação com o aumento no desempenho de 1RM, destaca-se também importância do próprio volume de treinamento no aumento da força máxima (PETERSON *et al.*, 2005; RHEA *et al.*, 2002; 2003), indicando que protocolos realizados com menores durações das repetições e maior número de repetições poderiam provocar adaptações favoráveis a este tipo de teste.

Outra característica da força muscular que pode ser impactada pela configuração do protocolo de treinamento é a resistência de força (CAMPOS *et al.*, 2002; RADAELLI *et al.*, 2015; SCHOENFELD *et al.*, 2015b). A resistência de força (RF) é determinada por meio de

diferentes estratégias, tais como: (i) o maior número de repetições realizado com uma mesma intensidade relativa (%1RM) (ANDERSON; KEARNEY, 1982; CAMPOS *et al.*, 2002; RANA *et al.*, 2008; SCHOENFELD *et al.*, 2015b), (ii) o maior número de repetições realizadas com um peso absoluto previamente determinado (ANDERSON; KEARNEY, 1982; SCHOENFELD *et al.*, 2016; IZQUIERDO *et al.*, 2006) ou ainda (iii) pelo maior peso levantado para um determinado número de repetições (RADAELLI *et al.*, 2015). Há também indicações na literatura de que a RF possa ser avaliada (iv) pelo tempo de manutenção de determinada força isométrica (VILA-CHÃ *et al.*, 2010), bem como (v) pela magnitude da redução da força produzida ao longo de determinado tempo (YOUNG *et al.*, 1985).

Comparações entre protocolos com diferentes intensidades e volumes são frequentemente realizadas visando encontrar configurações mais efetivas para o desenvolvimento da RF (ANDERSON; KEARNEY, 1982; CAMPOS *et al.*, 2002; RANA *et al.*, 2008; SCHOENFELD *et al.*, 2015b). Os resultados parecem indicar que treinamentos executados com maiores volumes e menores intensidades (consequentemente maiores TST) promovem ganhos superiores de RF (ANDERSON; KEARNEY, 1982; CAMPOS *et al.*, 2002; MITCHELL *et al.*, 2012; RANA *et al.*, 2008; SCHOENFELD *et al.*, 2015b). Entretanto, destaca-se que pouca atenção tem sido dada à comparação de protocolos com mesma intensidade, porém configurados diferentemente por outras variáveis (RADAELLI *et al.*, 2015; RANA *et al.*, 2008). Particularmente em relação à comparação de protocolos com diferentes durações das repetições e número de repetições, aparentemente apenas Rana *et al.* (2008) analisaram condições próximas à citada. Nesta pesquisa, realizada com mulheres destreinadas, foi mensurado o número máximo de repetições a 60% 1RM, comparando-se o efeito de um protocolo com maior duração da repetição (14 s) e menor número de repetições (6 a 10 repetições máximas) com outro protocolo de menor duração da repetição (3 a 4 s) e maior número de repetições (30 a 40 repetições máximas). Segundo os autores, o peso médio reportado nas sessões de treinamento pelas voluntárias dos dois grupos foi semelhante, embora a equiparação precisa da intensidade dos protocolos não tenha sido propósito da pesquisa. Os resultados do estudo demonstraram que ambos os protocolos proporcionaram aumentos no número máximo de repetições em dois dos três exercícios testados (*leg press* e banco extensor), não havendo diferenças entre as condições analisadas. No entanto, deve-se destacar que a realização de maiores durações das repetições em exercícios de musculação com mesma intensidade promove também um maior TST durante a sua execução (SAKAMOTO *et al.*, 2012), fator de confusão que pode ter interferido nos resultados

encontrados (ACSM, 2009; BURD *et al.*, 2012; YOUNG *et al.*, 1985). Neste sentido, considerando a expectativa de que um maior volume impactaria favoravelmente o desempenho de RF (ACSM, 2009), talvez protocolos executados com maior número de repetições, porém com equiparação do TST, promovam resultados superiores quando comparados a protocolos realizados com menor número de repetições.

1.1 Identificação do problema do estudo

Tem sido verificado que o TST pode impactar na resposta hipertrófica muscular, indicando a necessidade de um melhor entendimento desse componente da carga de treinamento em protocolos de treinamento na musculação. Por este motivo a equiparação do TST é um aspecto metodológico relevante para ser considerado em estudos que objetivam comparar o efeito de diferentes protocolos de treinamento. Destaca-se que protocolos de treinamento que apresentam um mesmo TST podem ser configurados diferentemente a partir de variáveis como o número de repetições e a duração da repetição. Entretanto, não foram encontradas pesquisas que analisaram o efeito da configuração do TST no aumento da massa muscular. Há indicativos na literatura de que protocolos equiparados pelo TST, porém realizados com maior número de repetições e menores durações das repetições, promovam maior estímulo mecânico e maior ativação muscular. Portanto, seria esperado que tais protocolos provocassem maiores respostas hipertróficas musculares quando comparados com protocolos configurados com menor número de repetições e maior duração da repetição.

Neste contexto, a análise do efeito do treinamento de força em respostas hipertróficas musculares provocadas por protocolos executados em exercícios multiarticulares ainda é pouco explorada na literatura, particularmente quando considerado o aumento da AST dos diferentes músculos que atuam neste tipo de exercício. Adicionalmente, há indícios de que a configuração do protocolo de treinamento possa interferir na alteração regional da AST muscular. Sendo assim, considerando que protocolos com diferentes durações e números de repetições apresentam características distintas em relação ao perfil cinético, é possível hipotetizar que esses protocolos poderiam também provocar respostas hipertróficas regionais distintas nos músculos envolvidos.

A alteração da duração da repetição em protocolos de treinamento na musculação promove mudanças nos valores instantâneos de força aplicados ao longo da amplitude de movimento (*i.e.*, perfil cinético). Protocolos de treinamento executados com menores durações da repetição geram maiores valores de força próximo à transição excêntrica-concêntrica do movimento, enquanto que protocolos de treinamento com maiores durações da repetição promovem valores de força mais estáveis ao longo de toda a amplitude de movimento. Considerando a expectativa de que o ganho de força provocado pelo treinamento ocorre predominantemente em amplitudes de movimento, nas quais maiores valores de força

são aplicados, seria esperado que o desempenho de força avaliado por meio de CIVM acompanhasse o perfil cinético do protocolo executado. Neste sentido, protocolos equiparados pelo TST, porém com diferentes durações das repetições, poderiam promover ganhos de força diferentes ao longo da amplitude de movimento. Adicionalmente, há também indicativos na literatura de que protocolos de treinamento com menores durações da repetição provoquem maiores ganhos de força máxima dinâmica avaliadas por meio do teste de 1RM. Além disso, protocolos executados com maior volume também parecem impactar positivamente no aumento do desempenho de 1RM. Portanto, o uso de protocolos com menor duração da repetição e maior número de repetições poderia ser uma melhor estratégia para o aumento no teste de 1RM quando comparado com protocolos com maior duração da repetição e menor número de repetições.

Outro aspecto ainda pouco explorado na literatura diz respeito ao impacto de diferentes protocolos de treinamento de força na musculação no desempenho da resistência de força. Tem sido demonstrado que o volume de treinamento é capaz de interferir no aumento da resistência de força. Protocolos de treinamento configurados com maiores volumes promovem também maiores ganhos de resistência de força. Sendo assim, um protocolo com maior número de repetições e menor duração da repetição poderia gerar maior aumento da resistência de força que um protocolo equiparado pelo TST, porém com menor número de repetições e maior duração da repetição.

1.2 Objetivos

Objetivo 1 - Comparar o efeito de dois protocolos configurados com diferentes durações das repetições e números de repetições na alteração do somatório das áreas de secção transversa dos músculos peitoral maior e tríceps braquial.

Objetivo 2 - Comparar as áreas de secção transversa de diferentes regiões dos músculos peitoral maior e tríceps braquial, provocadas por dois protocolos de treinamento configurados com diferentes durações das repetições e números de repetições.

Objetivo 3 - Comparar o efeito de dois protocolos configurados com diferentes durações das repetições e números de repetições no desempenho do teste de contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) em diferentes amplitudes de movimento do exercício supino

Objetivo 4 - Comparar o efeito de dois protocolos configurados com diferentes durações das repetições e números de repetições no desempenho de uma repetição máxima (1RM) no exercício supino.

Objetivo 5 - Comparar o efeito de dois protocolos configurados com diferentes durações das repetições e números de repetições no desempenho de resistência de força (RF) no exercício supino.

1.3 Hipóteses

Hipótese 1 – Os grupos experimentais apresentarão maior alteração percentual do somatório das áreas de secção transversa dos músculos peitoral maior e tríceps braquial que o grupo controle, sendo que o protocolo de treinamento com maior número de repetições e menor duração da repetição provocará um aumento superior ao protocolo de treinamento com menor número de repetições e maior duração da repetição.

Hipótese 2 – Os grupos experimentais apresentarão alteração percentual das áreas de secção transversa dos músculos peitoral maior e tríceps braquial superiores ao grupo controle, independentemente da região muscular mensurada. Adicionalmente, os protocolos de treinamento provocarão aumentos de áreas de secção transversa musculares de forma não homogênea nestes músculos, sendo que o protocolo caracterizado pelo maior número de repetições e menor duração da repetição provocará aumentos superiores em regiões médio-distais dos músculos, enquanto que o protocolo de treinamento com menor número de repetições e maior duração da repetição provocará aumentos superiores em regiões médio-proximais dos mesmos músculos.

Hipótese 3 – Os grupos experimentais apresentarão maior alteração percentual da CIVM que o grupo controle, independentemente da amplitude de movimento avaliada. Adicionalmente, o protocolo caracterizado pelo maior número de repetições e menor duração da repetição provocará aumentos superiores ao protocolo de menor número de repetições e maior duração da repetição em amplitudes de movimento próximo da transição excêntrico-concêntrica, enquanto que o protocolo caracterizado pelo menor número de repetições e maior duração da repetição provocará aumentos superiores da CIVM em amplitudes de movimento próximo da transição concêntrico-excêntrica quando comparado com o protocolo de treinamento com maior número de repetições e menor duração da repetição.

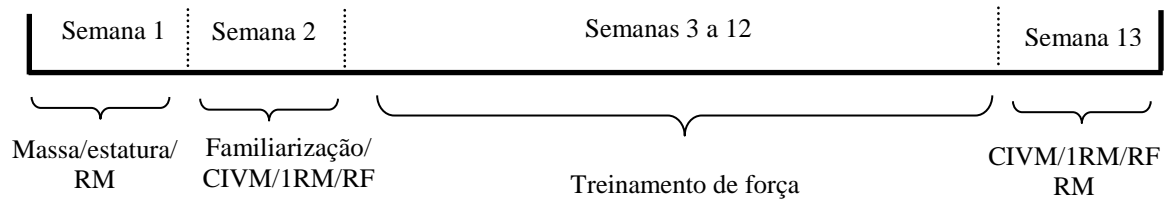
Hipótese 4 – Os grupos experimentais apresentarão maior alteração percentual de 1RM que o grupo controle, sendo que o protocolo caracterizado pelo maior número de repetições e menor duração da repetição provocará aumentos superiores ao protocolo de menor número de repetições e maior duração da repetição.

Hipótese 5 – Os grupos experimentais apresentarão maior alteração percentual da RF que o grupo controle, sendo que protocolo caracterizado pelo maior número de repetições e menor duração da repetição provocará aumentos superiores ao protocolo de menor número de repetições e maior duração da repetição.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Delineamento experimental

O presente estudo adotou um delineamento experimental multigrupos com pré-teste e pós-teste (PORTNEY; WATKINS, 2009). Dois grupos realizaram os diferentes protocolos de treinamento de força durante 10 semanas no exercício supino (sessões supervisionadas), enquanto um terceiro grupo não foi submetido a nenhum protocolo de treinamento. Neste estudo foi utilizado o exercício supino guiado para realização dos testes e treinamentos. Na 1ª semana, após aferidas medidas antropométricas (massa e estatura), todos os indivíduos foram submetidos a exames de ressonância magnética (RM) para determinação da AST de diferentes regiões dos músculos peitoral maior e tríceps braquial. Na semana seguinte, os três grupos realizaram testes de CIVM (diferentes amplitudes de movimento), 1RM e RF, sendo executada uma sessão prévia da familiarização com todos os procedimentos de mensuração. Tendo o desempenho no teste de 1RM como parâmetro de classificação, os 33 voluntários foram subdivididos de forma balanceada em cada um dos 3 grupos previamente citados. Da 3ª até a 12ª semana, os voluntários executaram os protocolos de treinamento (Protocolo A: maior número de repetições e menor duração da repetição; Protocolo B: menor número de repetições e maior duração da repetição), com exceção do grupo controle. Foi solicitado que os voluntários do grupo controle não fizesse nenhum treinamento de força ou alterassem a rotina de exercícios habitualmente realizados durante o período do estudo. Na 13ª semana do estudo, todos os grupos foram encaminhados para uma nova avaliação de RM e em seguida repetidos os testes de força. O desenho do experimento proposto se encontra resumido na Figura 1.

Figura 1- Desenho experimental do estudo

Legenda: 1RM: teste de uma repetição máxima; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; RF: teste de resistência de força; RM: ressonância magnética.

Fonte: Elaborado pelo autor

2.2 Amostra

Participaram deste estudo 38 voluntários do sexo masculino com idade entre 18 e 35 anos (Protocolo A: $n = 13$; Protocolo B: $n = 13$; Controle: $n = 12$). Foram selecionados indivíduos que não participaram de qualquer atividade envolvendo o treinamento de força nos últimos 6 meses (EARP *et al.*, 2015; FONSECA *et al.*, 2014; SAMPSON; GROELLER, 2016) e que não apresentavam histórico de lesões músculo-tendíneas nas articulações do ombro, cotovelo e punho. Os voluntários também não deveriam fazer uso de ergogênicos farmacológicos ou nutricionais, bem como envolver-se com treinamento de força durante o período da pesquisa. Ao longo do estudo, ocorreu uma perda amostral de cinco indivíduos, sendo duas desistências por motivos pessoais, duas perdas por lesões não relacionadas à coleta de dados e o afastamento de um voluntário por relatos de dor na articulação do ombro. Sendo assim, 33 sujeitos (11 em cada grupo) completaram todas as etapas da pesquisa. Na Tabela 1 encontram-se dados descritivos de caracterização da amostra (massa corporal, estatura, idade e desempenho inicial de 1RM).

Todos os voluntários integrantes dos grupos experimentais (Protocolos A e B) completaram as 30 sessões de treinamentos previstas. Durante as 10 semanas de treinamento, quando os sujeitos não podiam comparecer em todas as sessões semanais, permitia-se que o voluntário realizasse na semana seguinte treinamentos com frequência de quatro vezes por semana, adotando uma pausa mínima de 24 h entre as sessões. Entretanto, deve-se ressaltar que este processo não foi frequente ($< 7\%$ em cada grupo) ao longo do período de treinamento entre os voluntários.

Antes de iniciarem a participação neste estudo, todos os indivíduos receberam informações quanto aos objetivos, ao processo metodológico da pesquisa, bem como os possíveis riscos e benefícios de participação na pesquisa. Eles deram seu consentimento por escrito para participação neste estudo e estavam cientes de que a qualquer momento poderiam deixar de participar da pesquisa (Apêndice A). Toda a coleta de dados foi realizada no Laboratório do Treinamento em Musculação (LAMUSC) da EEFPTO/UFMG, exceto os exames de ressonância magnética, que foram realizados na clínica especializada em diagnóstico de imagens (Ecoar Medicina Diagnóstica Ltda). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da UFMG (ANEXO A).

Tabela 1: Caracterização da amostra

Variável	Grupo	Média ± DP	Mín-Máx
Idade (anos)	Protocolo A	24,9 ± 4,4	20,2 - 34,3
	Protocolo B	25,6 ± 5,1	18,4 - 33,7
	Controle	21,8 ± 5,0	18,0 - 35,1
Massa (kg)	Protocolo A	73,4 ± 10,2	64,5 - 88,2
	Protocolo B	75,3 ± 9,0	64,7 - 81,1
	Controle	79,2 ± 12,2	73,0 - 104,5
Estatura (cm)	Protocolo A	174,4 ± 5,2	168,0 - 181,0
	Protocolo B	173,5 ± 5,9	166,0 - 183,0
	Controle	178,9 ± 8,1	172,0 - 195,0
1RM (kg)	Protocolo A	60,4 ± 12,4	44,7 - 78,1
	Protocolo B	60,9 ± 12,7	42,9 - 78,4
	Controle	60,2 ± 9,6	48,7 - 76,5

Legenda: DP – Desvio padrão; Mín - Mínimo; Máx – Máximo; Protocolo A - Menor duração da repetição e maior número de repetições; Protocolo B - Maior duração da repetição e menor número de repetições. 1RM – teste de uma repetição máxima. **Fonte:** Elaborado pelo autor (dados extraídos da pesquisa)

2.3 Procedimentos

2.3.1 1ª semana do estudo

Na primeira semana do estudo ocorreram duas sessões experimentais. Na sessão 1, após esclarecidos os procedimentos e assinado o Termo de Consentimento Livre e

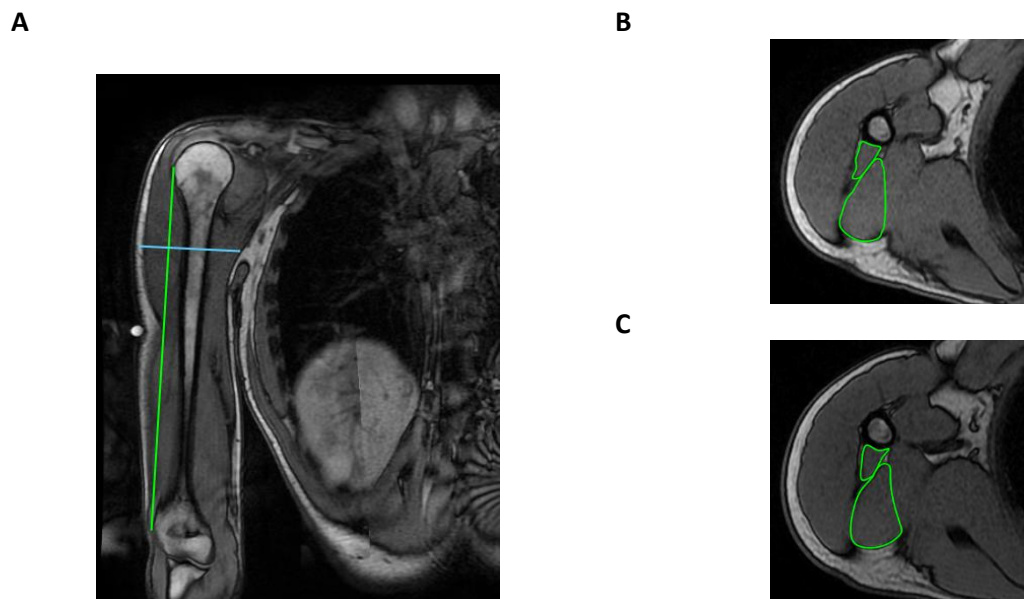
Esclarecido (TCLE), os voluntários responderam ao questionário PAR-Q (ACSM, 2014) e foram submetidos a uma anamnese, buscando verificar possíveis limitações relacionadas à participação na pesquisa. Em seguida, foram obtidas as medidas de massa e estatura por meio de uma balança com estadiômetro acoplado (FILIZOLA, Brasil), com resoluções de 0,1 kg e 0,5cm, respectivamente. Ainda nesta sessão experimental, padronizou-se a posição do indivíduo para a execução do exercício supino (ver descrição detalhada na Seção 2.3.2).

Na sessão 2, todos os voluntários foram submetidos a um exame de RM para a mensuração das AST dos músculos tríceps braquial e peitoral maior. Este exame foi também repetido na última semana do estudo (período pós-teste). Conforme mencionado anteriormente, o exame foi realizado em uma clínica de diagnóstico de imagens, a qual possuía médicos e técnicos especializados para a condução dos procedimentos. Ao chegarem na clínica, os voluntários ficaram sentados sem realizar atividade física por aproximadamente 15 min. Posteriormente, permaneciam deitados em uma maca com os músculos relaxados por aproximadamente 10 min antes que o exame fosse iniciado. Os exames de RM foram realizados em um aparelho Sigma HDX 1,5 Tesla (GE Medical System, Estados Unidos) com técnica gradiente echo *in phase/out phase* ponderadas em T1, tempo de repetição de 120 ms, tempo de eco de 2 ms, campo de visão de 400 mm, resolução de 320 x 224 pixels e espessura dos cortes de 8.0 mm realizados de forma contínua, utilizando bobina de superfície de 8 canais. Durante o exame, os voluntários repousavam em decúbito dorsal, mantendo os membros superiores estendidos paralelamente ao tronco. O membro superior foi fixado e os voluntários orientados a não realizarem movimentos durante a aquisição das imagens. Considerando a existência de movimentação do tórax durante a respiração, foi também solicitado que os sujeitos realizassem apneia em algumas etapas do exame, a fim de se obter uma melhor qualidade das imagens. Foram então obtidas sequências de imagens em três planos do lado direito dos voluntários. A aquisição de imagens coronais do tórax e membro superior objetivou identificar pontos anatômicos para posterior definição das regiões musculares a serem analisadas. As imagens axiais foram obtidas entre o processo acromial da escápula e o olécrano do cotovelo. As imagens sagitais foram obtidas do esterno até a borda lateral do braço dos sujeitos. Todas as imagens foram arquivadas para posterior análise.

Para a determinação da AST do tríceps braquial, foi inicialmente feita a visualização das imagens coronais em um *software* específico (Osirix 6.0, Suíça), permitindo a identificação da distância entre o tubérculo maior e o epicôndilo lateral do úmero, sendo esta considerada 100% da distância analisada. Posteriormente, determinou-se, para cada

voluntário, as imagens em corte axial que correspondiam a 20%, 50% e 80% da distância citada. Em seguida, tais imagens foram contornadas manualmente utilizando o mesmo *software*, permitindo o cálculo da AST do tríceps braquial (cm²). Procedimentos similares foram adotados em outras pesquisas que também analisaram a influência do treinamento de força em alterações das AST do tríceps braquial (OGASAWARA *et al.*, 2013; WAKAHARA *et al.*, 2013a). Para auxiliar a identificação da AST do músculo tríceps braquial nas diferentes regiões analisadas foram consultadas referências de anatomia seccional humana (EL-KHOURY *et al.*, 2008; HEUCK *et al.*, 2012). As Figuras 2, 3 e 4 exemplificam a análise das AST do tríceps braquial de um dos voluntários obtidas nos pré-teste e pós-teste.

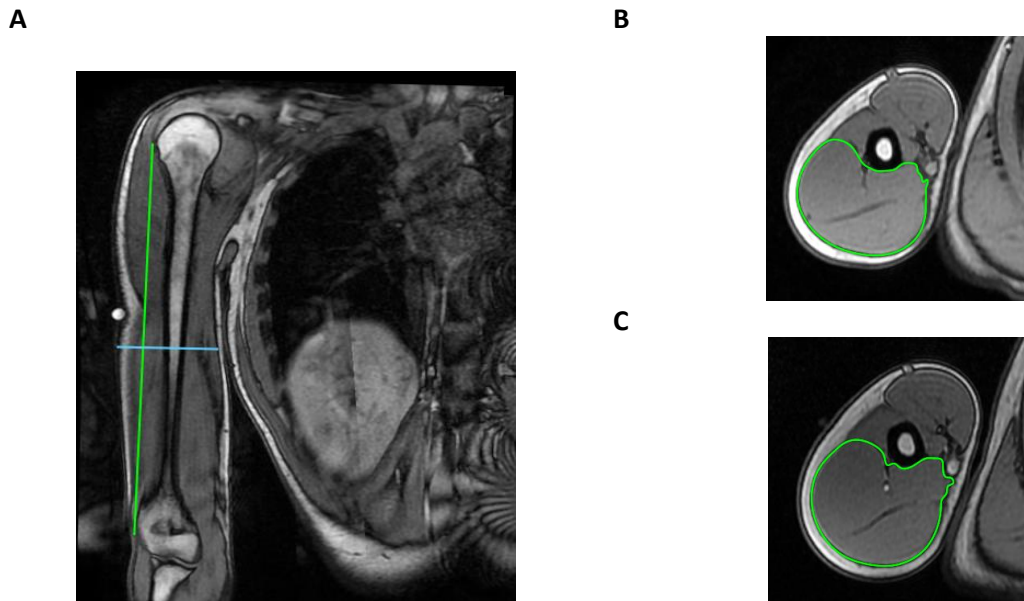
Figura 2 – Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região proximal do tríceps braquial



Legenda: A- Imagem coronal com indicação de corte axial a 20% da distância entre tubérculo maior e epicôndilo lateral do úmero; B- Imagem axial com delimitação tríceps braquial no pré-teste. C- Imagem axial com delimitação tríceps braquial no pós-teste (Indivíduo do Protocolo A)

Fonte: Dados da pesquisa (Arquivos do LAMUSC)

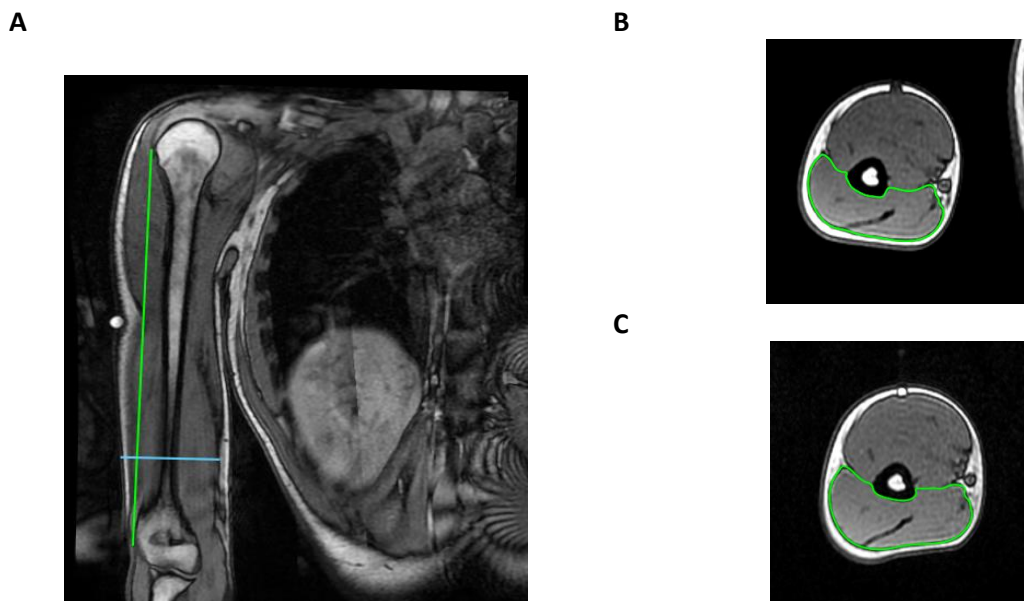
Figura 3 – Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região média do tríceps braquial



Legenda: A- Imagem coronal com indicação de corte axial a 50% da distância entre tubérculo maior e epicôndilo lateral do úmero; B- Imagem axial com delimitação tríceps braquial no pré-teste. C- Imagem axial com delimitação tríceps braquial no pós-teste (Indivíduo do Protocolo A)

Fonte: Dados da pesquisa (Arquivos do LAMUSC)

Figura 4 – Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região distal do tríceps braquial

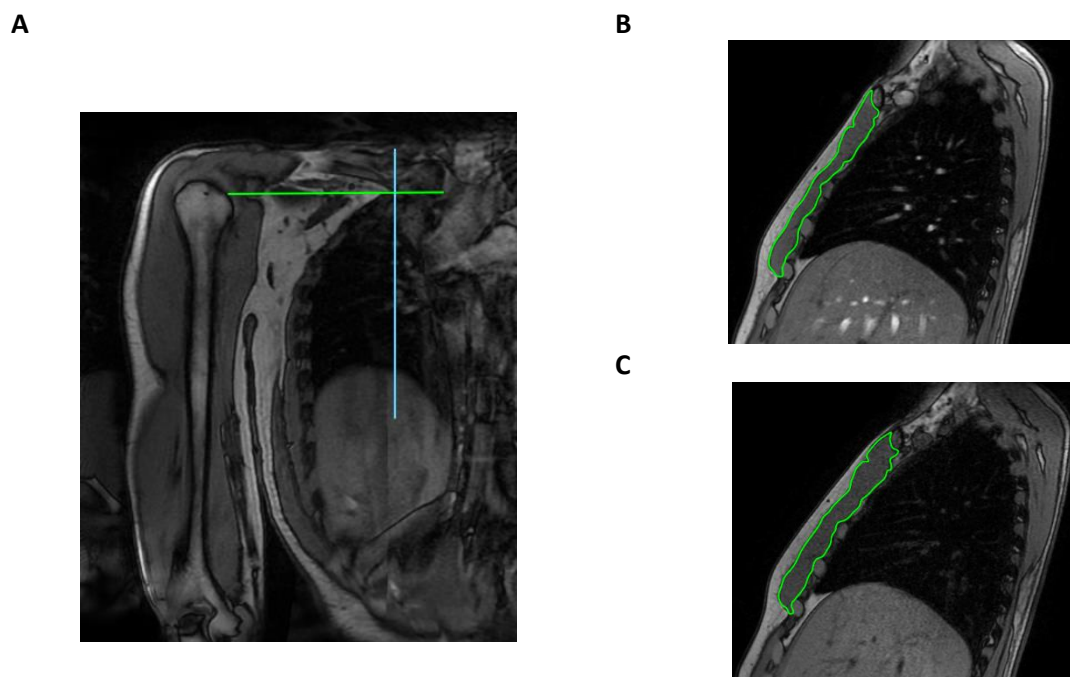


Legenda: A- Imagem coronal com indicação de corte axial a 80% da distância entre tubérculo maior e epicôndilo lateral do úmero; B- Imagem axial com delimitação tríceps braquial no pré-teste. C- Imagem axial com delimitação tríceps braquial no pós-teste (Indivíduo do Protocolo A)

Fonte: Dados da pesquisa (Arquivos do LAMUSC)

Para se determinar a AST do peitoral maior, utilizou-se também as imagens coronais, a fim de se identificar pontos anatômicos de interesse. Foram adotadas como referências anatômicas a epífise medial da clavícula e o início da cabeça do úmero. Após a identificação destes pontos anatômicos, foi então traçada uma linha perpendicular ao eixo longitudinal do tórax, sendo a extremidade medial da linha (epífise da clavícula) adotada como referência inicial, enquanto que a extremidade lateral (cabeça do úmero) correspondeu ao ponto final (100% da distância). Determinou-se então as imagens em corte sagital que correspondiam a 20%, 50% e 80% da distância citada, sendo então contornadas manualmente utilizando o *software* citado anteriormente, permitindo o cálculo das AST do músculo peitoral maior (cm²). Assim como no tríceps braquial, foram consultadas referências de anatomia seccional humana para a adequada identificação de imagens sagitais do peitoral maior (EL-KHOURY *et al.*, 2008; HEUCK *et al.*, 2012). Não foram encontradas na literatura pesquisas que quantificaram as AST deste músculo no plano anatômico avaliado no presente estudo. As Figuras 5, 6 e 7 exemplificam a análise da AST do peitoral maior de um dos voluntários (pré e pós-testes).

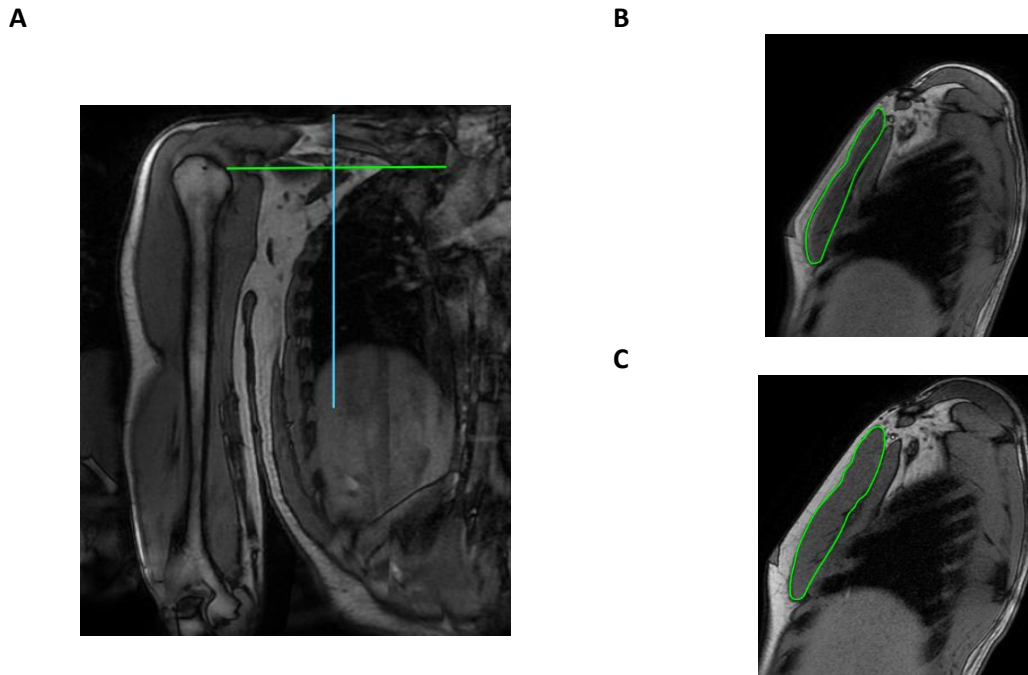
Figura 5 – Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região medial do peitoral maior



Legenda: A- Imagem coronal com indicação de corte sagital a 20% da distância entre a epífise medial da clavícula e a cabeça do úmero; B- Imagem sagital com delimitação do peitoral maior no pré-teste. C- Imagem sagital com delimitação do peitoral maior no pós-teste (Indivíduo do Protocolo B)

Fonte: Dados da pesquisa (Arquivos do LAMUSC)

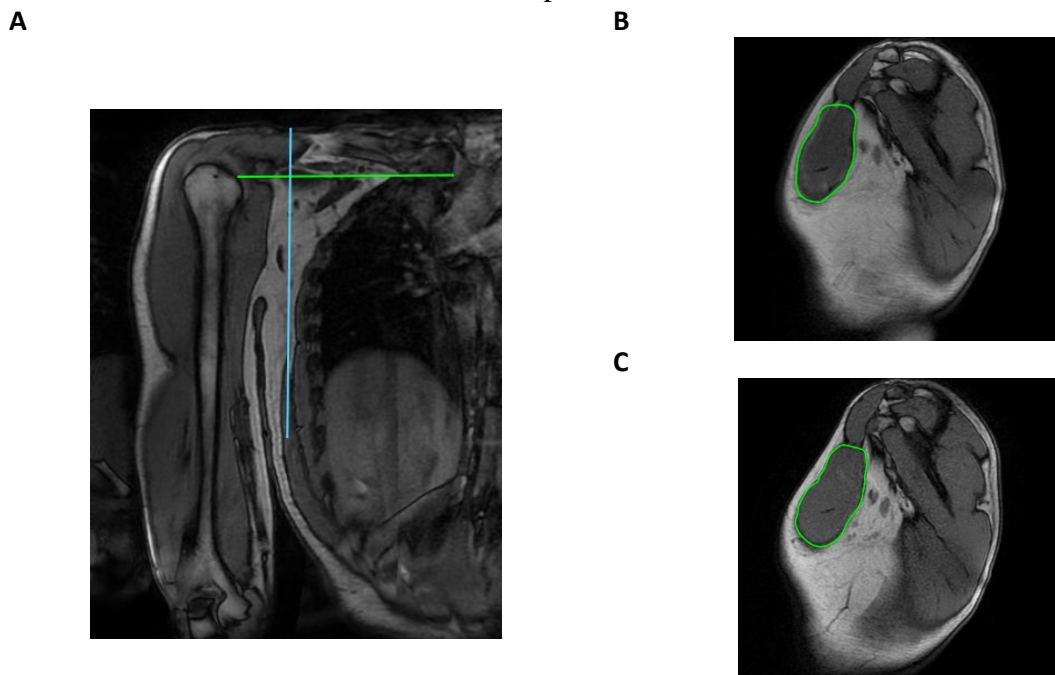
Figura 6 – Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região média do peitoral maior



Legenda: A- Imagem coronal com indicação de corte sagital a 50% da distância entre a epífise medial da clavícula e a cabeça do úmero; B- Imagem sagital com delimitação do peitoral maior no pré-teste. C- Imagem sagital com delimitação do peitoral maior no pós-teste (Indivíduo do Protocolo B)

Fonte: Dados da pesquisa (Arquivos do LAMUSC)

Figura 7 – Exemplo da análise das imagens de ressonância magnética na região lateral do peitoral maior



Legenda: A- Imagem coronal com indicação de corte sagital a 80% da distância entre a epífise medial da clavícula e a cabeça do úmero; B- Imagem sagital com delimitação do peitoral maior no pré-teste. C- Imagem sagital com delimitação do peitoral maior no pós-teste (Indivíduo do Protocolo B)

Fonte: Dados da pesquisa (Arquivos do LAMUSC)

Ressalta-se que, durante a análise das imagens, nem sempre a delimitação clara das fâscias musculares era observável. Nestes casos, traçou-se uma linha a partir da extremidade da fâscia observável para um ponto de referência obtido em outras imagens nas quais as fâscias eram mais nítidas. Quando necessário, eram realizados cruzamentos de imagens em planos diferentes (recurso disponível no *software*), visando a melhor identificação e delimitação das áreas musculares analisadas.

No presente estudo, todas as imagens foram analisadas por um único avaliador. Adicionalmente, as imagens de 12 voluntários (aleatoriamente selecionados nos diferentes grupos) foram mensuradas após com um intervalo de três a quatro semanas, permitindo análise da confiabilidade dos procedimentos citados (Confiabilidade 3-4 semanas). A confiabilidade também foi analisada a partir das imagens obtidas no pré-teste e pós-teste do grupo Controle (n = 11), neste caso, com intervalo de 10 semanas entre as medidas (Confiabilidade 10 semanas). A Tabela 2 apresenta os dados de confiabilidade da AST dos músculos analisados. A confiabilidade das medidas foi determinada por meio do coeficiente correlação intraclassa (CCI), do erro padrão da medida absoluto (EPM) e erro padrão da medida relativo (EPM%) e do coeficiente de variação (CV) (PORTNEY; WATKINS, 2008; WEIR, 2005).

Os valores de confiabilidade observados para o tríceps braquial foram compatíveis com os estudos de Wakahara *et al.* (2013a) (CCI: 0,979; CV: 2,2%) e Ogasawara *et al.* (2013) (CV < 1%), embora tais autores não tenham reportado índices específicos para as diferentes regiões musculares. Conforme mencionado previamente, não foram encontradas pesquisas que quantificaram a AST do peitoral maior no plano sagital, embora já tenham sido reportados valores de CV próximos de 1% da AST desse mesmo músculo no plano axial (AKAGI *et al.*, 2014; OGASAWARA *et al.*, 2013).

Tabela 2: Confiabilidade das medidas de área de secção transversa dos músculos peitoral maior e tríceps braquial

Músculo (% região muscular)	n	CCI	EPM (cm ²)	EPM (%)	CV (%)
Confiabilidade 3-4 semanas					
Peitoral maior (20%)	12	0,937	1,1	5,2	3,4
Peitoral maior (50%)	12	0,931	1,3	4,8	3,4
Peitoral maior (80%)	12	0,991	1,0	3,3	2,3
Tríceps braquial (20%)	12	0,970	0,8	6,4	3,4
Tríceps braquial (50%)	12	0,998	0,4	1,2	0,9
Tríceps braquial (80%)	12	0,999	0,1	0,8	0,6
Confiabilidade 10 semanas					
Peitoral maior (20%)	11	0,976	0,9	3,4	2,5
Peitoral maior (50%)	11	0,893	1,5	5,3	3,7
Peitoral maior (80%)	11	0,910	7,5	9,0	5,2
Tríceps braquial (20%)	11	0,803	1,5	11,7	8,6
Tríceps braquial (50%)	11	0,949	1,6	5,7	4,2
Tríceps braquial (80%)	11	0,849	1,5	9,0	5,8

Legenda: n – número de sujeitos analisados; CCI – Coeficiente de correlação intraclassa (3,1); EPM (cm²) – Erro padrão da medida absoluto; EPM (%) – Erro padrão de medida relativo; CV (%) – Coeficiente de variação.

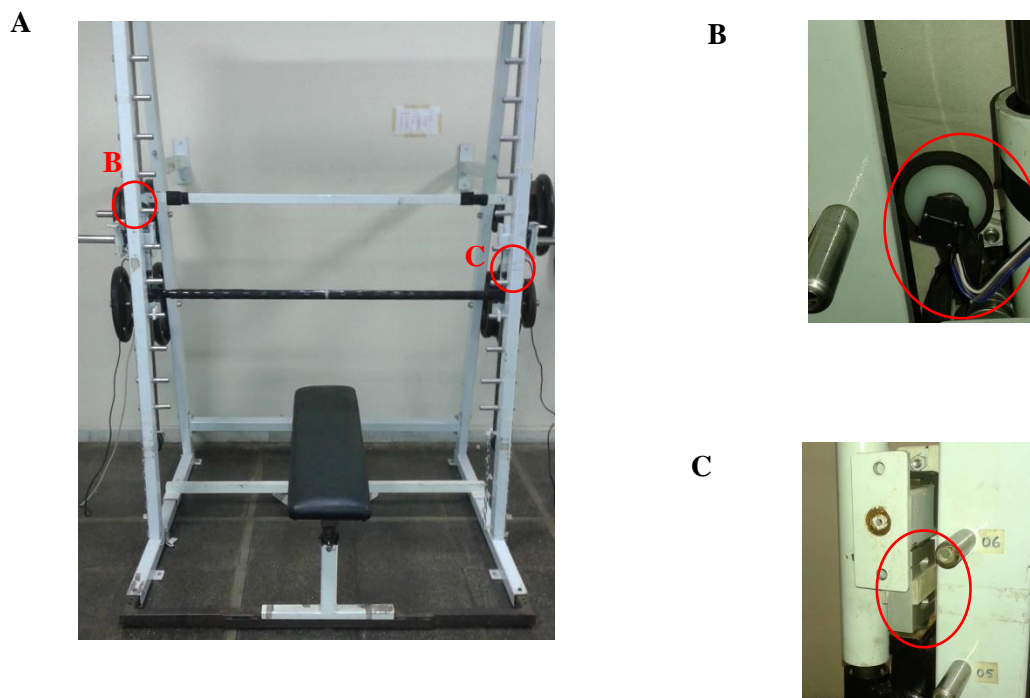
Fonte: Elaborado pelo autor (dados extraídos da pesquisa)

2.3.2 2ª semana do estudo

Duas sessões experimentais ocorreram na 2ª semana do estudo e foram separadas por um intervalo mínimo de 72 h. A sessão 1 foi destinada a procedimentos de familiarização aos testes de CIVM, 1RM e RF. Todos os testes foram repetidos no período pós-teste e foram executados no exercício supino guiado, utilizando uma barra guiada (MASTER, Brasil) equipada com um sensor de posição do tipo *encoder* rotatório (BOURNS, Estados Unidos; resolução 1,2 mm) e uma célula de carga de tração-compressão posicionada à esquerda da barra (TEDEA, Alemanha; capacidade 500 kg) (Figura 8). A célula de carga foi previamente calibrada, seu valor multiplicado por dois e somado o peso da barra (83,38 N), a fim de se obter o valor de força total desenvolvido pelos voluntários. Os dados obtidos pelo sensor de posição e pela célula de carga foram transformados de sinais analógicos para digitais por uma

placa conversora (BIOVISION, Alemanha), direcionados ao computador (frequência de amostragem de 4.000 Hz), posteriormente filtrados (filtro *Butterworth* passa-baixa de 10 Hz, 2ª ordem) e analisados por meio de um *software* específico (DASYLAB 11.0, Estados Unidos).

Figura 8 – Equipamentos utilizados para testes de força e treinamento



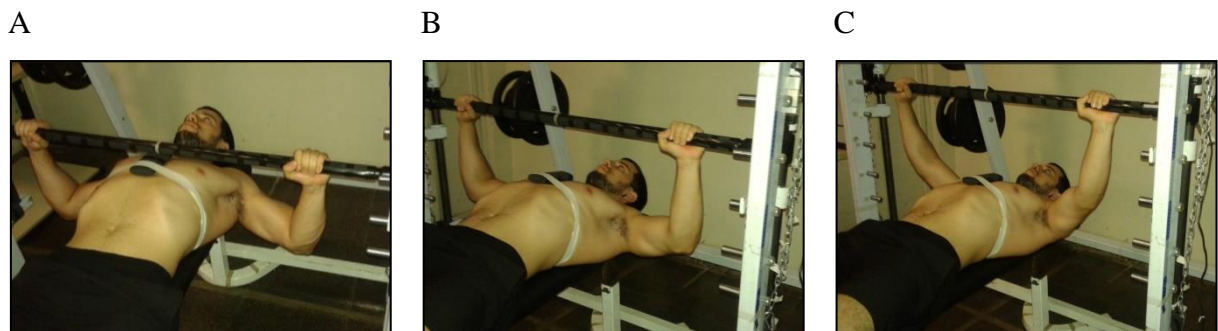
Legenda: A- Barra guiada com um banco reto, equipada com sensores de posição e célula de carga. B- Detalhe do sensor de posição. C- Detalhe da célula de carga

Fonte: Arquivo de fotos do LAMUSC

Como primeiro procedimento da sessão 2, os voluntários foram submetidos ao teste de CIVM. Os voluntários foram posicionados no equipamento, adotando-se o dobro da distância biacromial para o posicionamento das mãos das barras, sendo o dedo médio a referência para a marcação (OGASAWARA *et al.*, 2011). Foi também necessária a padronização da posição do sujeito no banco do equipamento. Para verificar a posição do sujeito, antes da mensuração da força máxima isométrica, a barra guiada era movimentada de forma que deveria tocar aproximadamente a metade da distância entre o manúbrio e o processo xifoide do esterno ao final do movimento descendente. Para garantir o mesmo posicionamento do voluntário em todas as sessões de teste e de treinamento, foram fixadas fitas métricas na barra e no banco do

equipamento, que serviam de referência para reproduzir a localização das mãos e da cabeça sujeitos. Após o voluntário adotar o posicionamento previamente definido no equipamento, determinou-se a distância percorrida pela barra (amplitude do movimento - ADM) durante a realização do exercício supino. Para que fosse calculada tal distância, cada sujeito realizou cinco repetições (cinco ações excêntricas e cinco ações concêntricas) do exercício supino sem peso adicional na barra, tendo como referência a extensão completa dos cotovelos (limite superior) e o toque da barra em um anteparo de borracha posicionado sobre o osso esterno (limite inferior). Foi solicitado que o voluntário não realizasse o movimento de abdução das escápulas ao final de cada ação concêntrica. O deslocamento individual foi determinado com o auxílio de uma fita métrica fixada lateralmente na barra e calculado pela média das cinco repetições realizadas. Foram então definidas três posições da barra nas quais os sujeitos executaram as CIVM: 10%, 50% e 90% da distância previamente definida, sendo 100% o valor correspondente à extensão completa dos cotovelos (Figura 9). Procedimentos semelhantes têm sido utilizados para a determinação de força máxima em ADM específicas no exercício supino (VAN DEN TILLAAR *et al.*, 2012). O sujeito foi então orientado a aplicar, o mais rapidamente possível, o máximo de força contra a barra, sendo que a barra foi fixada por correntes para garantir a estabilidade da posição previamente determinada (PINTO *et al.*, 2013). Foram executadas duas contrações máximas com duração de 5 s em cada uma das posições, adotando-se pausas de 2 min entre as 2 tentativas de cada posição e 3 min entre cada uma das 3 posições (BROWN; WEIR, 2001; VAN DEN TILLAAR *et al.*, 2012). A sequência de avaliação em cada posição foi definida de forma aleatória entre os voluntários. Adotou-se a média dos valores de força máximos alcançados em cada posição para posterior análise.

Figura 9 – Realização do teste de contração isométrica voluntária máxima nas três amplitudes de movimento



Legenda: A- Posição a 10% da amplitude de movimento; B- Posição a 50% da amplitude de movimento. C- Posição a 90% da amplitude de movimento

Fonte: Arquivo de fotos do LAMUSC

Os dados de confiabilidade das duas medidas de CIVM intrasessão (Confiabilidade intrasessão) e a média das duas medidas registradas no pré-teste e pós-teste do grupo Controle (Confiabilidade 10 semanas) estão apresentados na Tabela 3. Os valores são compatíveis aos encontrados nas pesquisas de Pinto *et al.* (2013) (análise intrasessão) e Young *et al.* (2014) (análise com intervalo de 2 dias), nas quais foram investigadas medidas de CIVM no supino guiado por indivíduos com experiência de treinamento na musculação (CCI > 0,89; CV < 3%).

Tabela 3: Confiabilidade das medidas de contração isométrica voluntária máxima obtida em três amplitudes de movimento do exercício supino

Amplitude de movimento	n	CCI	EPM (N)	EPM (%)	CV (%)
Confiabilidade intrasessão					
CIVM 10%	66	0,942*	44,9	6,8	4,8
CIVM 50%	66	0,989*	37,2	4,6	3,3
CIVM 90%	66	0,968*	103,8	7,7	5,4
Confiabilidade 10 semanas					
CIVM 10%	11	0,837#	51,5	8,5	7,9
CIVM 50%	11	0,825#	40,7	5,6	5,6
CIVM 90%	11	0,935#	90,2	7,0	7,0

Legenda: n – número de medidas; CCI – Coeficiente de correlação intraclassa (* CCI_{3,1}; # CCI_{3,k}) EPM (N) – Erro padrão da medida absoluto; EPM (%) – Erro padrão da medida relativo; CV (%) – Coeficiente de variação.
Fonte: Elaborado pelo autor (dados extraídos da pesquisa)

Dez minutos após o teste de CIVM, realizou-se o teste de 1RM, que foi conduzido de acordo com procedimentos já utilizados em estudos anteriores (DINIZ *et al.*, 2014; LACERDA *et al.*, 2016). As orientações gerais para a determinação do desempenho de 1RM foram: a) realizar um número máximo de seis tentativas, com pausas de 3 min entre cada uma delas; b) progredir gradualmente o aumento da resistência externa a cada repetição (diferença mínima de 2 kg por tentativa). A resistência externa na barra foi progressivamente aumentada (inclusão de mais anilhas) até que o voluntário não fosse capaz de executar a ação concêntrica da tentativa em questão. Ao atingir esta situação, o valor de 1RM correspondeu à maior massa levantada na tentativa anterior. A análise da confiabilidade do teste de 1RM foi feita a partir dos dados do próprio grupo Controle da presente pesquisa (pré-teste x pós-teste, intervalo de

10 semanas). Foram encontrados os seguintes valores: $CCI_{(3,1)} = 0,975$; $EPM = 2,1$ kg; $EPM\% = 3,4\%$; $CV = 2,5\%$.

Após o teste de 1RM, os voluntários permaneceram mais 10 min em repouso, quando então executaram o teste de RF. Um peso correspondente a 70% 1RM foi colocado na barra e então os sujeitos deveriam realizar o máximo de repetições até a interrupção concêntrica do movimento (TERZIS *et al.*, 2008). O número de repetições serviu como medida da RF. A análise da confiabilidade deste teste também feita a partir dos dados do próprio grupo Controle (pré-teste x pós-teste), sendo verificados os seguintes valores: $CCI_{(3,1)} = 0,913$; $EPM = 2,4$; $EPM\% = 8,0\%$; $CV = 5,9\%$.

2.3.3. – 3^a à 12^a semanas do estudo

Os voluntários dos grupos experimentais realizaram seus respectivos protocolos durante 10 semanas de treinamento. Todas as sessões foram supervisionadas e realizadas no próprio LAMUSC. Os protocolos foram equiparados pelo TST em cada série (36s), intensidade (50-55% 1RM), frequência de treinamento (3 vezes por semana com intervalos de 48 a 72h entre sessões), pausa entre séries (3 min) e número de séries (3 a 4 séries), apresentando diferenças apenas em relação à variável duração da repetição e no número de repetições. O Protocolo A foi realizado com 12 repetições e duração da repetição de 3 s (1,5 s para ações musculares concêntricas e excêntricas), enquanto o Protocolo B foi executado com 6 repetições e duração da repetição de 6s (3 s para ações musculares concêntricas e excêntricas), sendo o controle da duração feito pelo auxílio de um metrônomo. A intensidade foi determinada em um estudo piloto, de forma que todos os voluntários pudessem realizar no início da pesquisa três séries dos protocolos com o maior peso possível (resistência externa), porém mantendo as demais variáveis conforme a descrição acima. Procurou-se organizar as configurações dos protocolos de treinamento de forma que estas não se distanciassem de valores de referência para o treinamento de força objetivando hipertrofia muscular (ACSM, 2009; BIRD *et al.*, 2005; WERNBOM *et al.*, 2007). Adicionalmente, estudos prévios utilizando o exercício supino com configurações próximas às adotadas neste projeto possibilitaram o aumento da espessura muscular do peitoral maior e tríceps braquial, sendo tal aumento similar ao proporcionado por protocolos de treinamento executados com maiores intensidades ($\cong 80\%$ 1RM) (TANIMOTO *et al.*, 2008).

Ambos os protocolos sofreram as mesmas progressões ao longo do estudo. Os voluntários iniciaram com a realização de três séries a 50% 1RM. A partir da 4ª semana, uma série foi acrescentada e na 6ª semana do estudo adotou-se a intensidade de 55% 1RM. A cada 2 semanas, 10 min antes da realização do protocolo de treinamento, os indivíduos também realizaram o teste de 1RM para que a intensidade fosse continuamente ajustada (WAKAHARA *et al.*, 2012, 2013a). Nestes dias, o teste de 1RM era realizado conforme previamente descrito.

Após a realização da coleta de dados da presente pesquisa, confirmou-se a expectativa de exequibilidade dos protocolos na maior parte do período de treinamento. Em mais de 90% do total das sessões de treinamento realizadas (90,6% no Protocolo A; 99,4% no Protocolo B) os voluntários foram capazes de cumprir o número de repetições por série previamente definido (12 repetições, Protocolo A; 6 repetições, Protocolos B). Destaca-se ainda que a não realização do número de repetições previsto ocorreu apenas na última série das sessões de treinamento. Neste caso, os voluntários executavam as repetições que faltavam com o mínimo de auxílio externo do pesquisador, porém mantendo a mesma duração da repetição prevista para o protocolo de treinamento. Portanto, o número de séries e repetições foi sempre mantido em todas as sessões de treinamento.

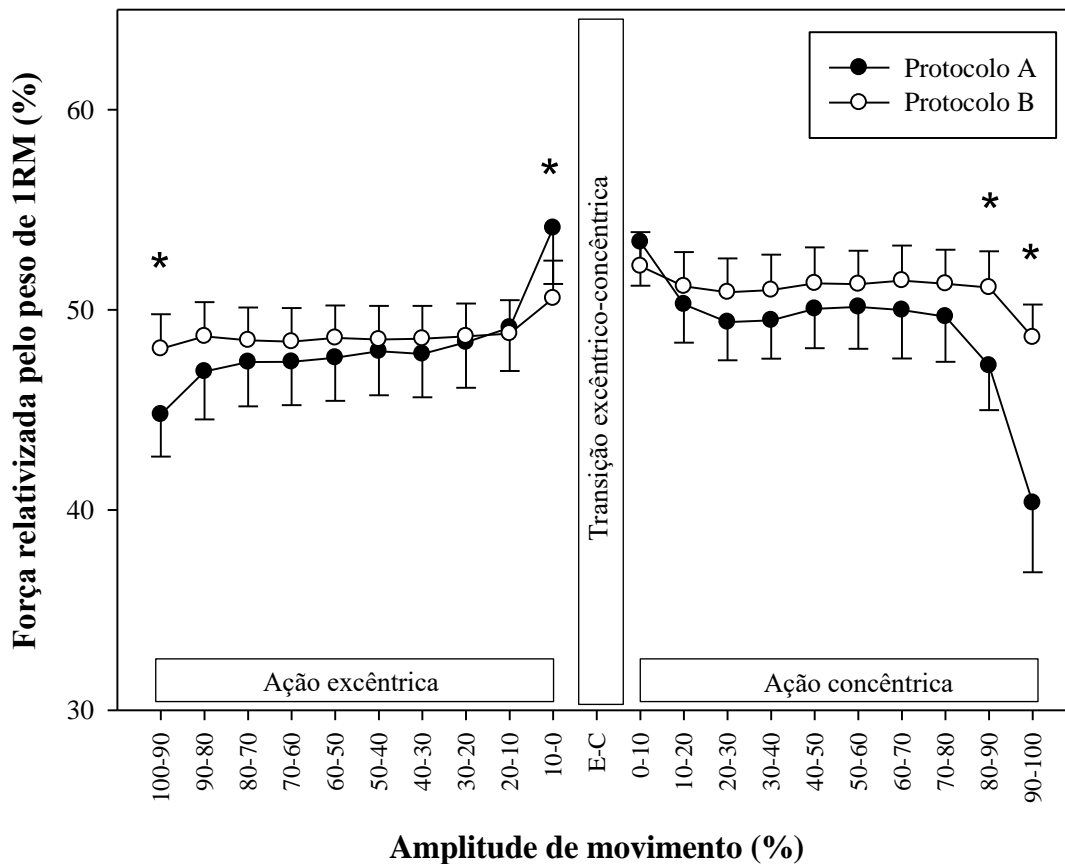
Com o intuito de quantificar a duração das ações musculares e caracterizar o perfil cinético (força x ADM) dos protocolos de treinamento de cada grupo experimental, foram registrados o deslocamento e a força aplicada na barra, respectivamente, por meio do sensor de posição e da célula de carga. Considerando que a configuração dos protocolos sofreu alteração ao longo da pesquisa (aumento da intensidade e do número de séries), optou-se por analisar a média de dados obtidos em duas sessões de treinamento que ocorreram no início e no final do período do estudo (4ª e 28ª sessões de treinamento).

A duração das ações musculares foi quantificada a partir deslocamento da barra guiada. O tempo gasto entre o maior e menor valor de deslocamento foi definido como a duração da ação muscular excêntrica (duração excêntrica). Consequentemente, o tempo entre o menor e maior deslocamento originou a duração da ação muscular concêntrica (duração concêntrica). Para que fosse gerado um único valor de duração excêntrica e concêntrica do protocolo, foi calculada a média das durações das ações musculares realizadas nas sessões de treinamento avaliadas.

As durações excêntricas e concêntricas médias do Protocolo A foram $1,55 \pm 0,04$ s e $1,44 \pm 0,04$ s, respectivamente. No Protocolo B, observou-se durações excêntricas médias de $3,10 \pm 0,09$ s e durações concêntricas médias $2,84 \pm 0,10$ s. Conseqüentemente as durações das repetições foram $2,99 \pm 0,02$ s e $5,94 \pm 0,05$ s para os Protocolos A e B, respectivamente. Estes valores encontram-se próximos dos obtidos em outra pesquisa realizada no nosso laboratório envolvendo protocolos com as mesmas durações das repetições, porém executados com indivíduos que apresentavam experiência em treinamento na musculação (LACERDA *et al.*, 2016).

Em relação ao perfil cinético, levou-se em conta a expectativa de valores absolutos de deslocamento da barra diferentes entre os voluntários, uma vez que estes apresentam características antropométricas distintas. Sendo assim, optou-se em utilizar os dados de deslocamento da barra relativizados, isto é, de valores percentuais de deslocamento das ações excêntricas e concêntricas. Os valores médios de força foram então calculados a cada intervalo de 10% do deslocamento relativo da barra separadamente por ação muscular, sendo o valor 100% correspondente à transição concêntrico-excêntrica e o valor 0% à transição excêntrico-concêntrica. Por fim, considerando que o peso utilizado pelos voluntários no início e no final do período de treinamento foi alterado, optou-se também por relativizar os valores de força pelo desempenho de 1RM dos sujeitos. O perfil cinético dos grupos por ação muscular foi comparado por meio de uma ANOVA *two-way* mista (Protocolo x ADM), utilizando o *software* SPSS, adotando um nível de significância de 0,05. Quando necessário, o *post hoc* de Bonferroni foi aplicado, assim como a correção de Greenhouse-Geisser para esfericidade. O Gráfico 1 apresenta o perfil cinético dos protocolos utilizados no presente estudo.

Gráfico 1 – Perfis cinéticos excêntricos e concêntricos dos protocolos de treinamento com destaque nas comparações intergrupos



Legenda: Protocolo A – 12 repetições, 3 s; Protocolo B – 6 repetições, 6 s; * – Protocolos diferentes entre si na respectiva amplitude de movimento e ação muscular ($p < 0,01$); E-C – Transição excêntrico-concêntrica; 1RM: teste de uma repetição máxima

Fonte: Elaborado pelo autor (dados extraídos da pesquisa)

Os resultados do ANOVA para o perfil cinético da ação excêntrica demonstraram efeito significativo para a interação Protocolo x ADM ($F_{2,7; 54,4} = 70,6$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,103$). No Protocolo A (12 repetições; 3s), o teste de Bonferroni indicou um aumento progressivo do percentual de força do início até o fim da ação excêntrica, exceto entre intervalos intermediários da ADM (70% a 30%), que não foram diferentes entre si. Já no Protocolo B (6 repetições; 6s) foi verificada uma maior estabilidade da aplicação da força ao longo toda ADM, sendo identificadas aumentos de valores relativos de força apenas ao final da ação excêntrica (10%-0%).

Foi também verificado efeito de interação Protocolo x ADM ($F_{1,3; 27,0} = 46,7$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,129$) para o perfil cinético da ação concêntrica. A análise *post hoc* identificou, no Protocolo A, maiores valores de força no início da ação concêntrica (0%-10%), existindo

uma redução até a ADM 30%-40%, seguida de estabilidade dos valores até a ADM 70%-80% e novamente uma redução significativa no término da ação muscular (ADM 80% a 100%). Para o Protocolo B, um comportamento similar foi observado. Maiores valores de força foram identificados no início da ação concêntrica (ADM 0%-10%) e menores valores ao final da ação concêntrica (ADM 90%-100%). Entretanto, foi observada uma faixa estável de aplicação de força em praticante toda ADM da ação concêntrica (10% a 90%).

No que diz respeito ao detalhamento da interação Protocolo x ADM para a comparação entre Protocolos, o teste *post hoc* Bonferroni identificou maiores valores de força média aplicados no início da ação excêntrica no Protocolo B ($p = 0,001$), enquanto que o Protocolo A apresentou maiores valores de força ao final desta mesma ação muscular ($p = 0,003$). Na fase concêntrica, foram demonstradas diferenças ao final da ação muscular, sendo que o Protocolo B apresentou maiores valores de força nas ADM 80%-90% ($p < 0,001$) e 90%-100% ($p < 0,001$).

2.3.4 13^a semana do estudo

Na 13^a semana do estudo, os voluntários foram novamente submetidos ao exame de RM e testes de força, de forma que o agendamento destes procedimentos ocorresse próximo aos horários realizados na condição pré-teste. Os exames de RM foram executados antes do teste de força, respeitando um intervalo de 72 a 96 h após a última sessão de treinamento. Considerando que imagens obtidas dos músculos peitoral maior e tríceps foram numeradas sequencialmente no pré-teste, foi mantida a mesma numeração das imagens analisadas no pós-teste. Os testes de força foram realizados após um intervalo de 72 a 120 h após o último dia de treinamento realizado pelos voluntários. Conforme já mencionado, os indivíduos do grupo Controle também realizaram os testes de força e exame de RM neste período do estudo.

2.4 Variáveis mensuradas

2.4.1 Alteração percentual da área de secção transversa muscular

A partir das AST musculares do peitoral maior e tríceps braquial obtidas nas regiões previamente descritas (20%, 50% e 80%), foram calculadas as alterações percentuais (medida relativa) entre o pré-teste e pós-teste em cada uma destas regiões ($[AST \text{ pós-teste} - AST \text{ pré-teste}] / AST \text{ pré-teste} \times 100$). Sendo assim, cada músculo gerou três variáveis de alteração percentual da área de secção transversa regional (Alteração percentual da AST_{regional}). Adicionalmente, a fim de se obter uma medida representativa de cada músculo, foram somados os valores absolutos das AST das três regiões mensuradas e calculada sua alteração percentual (EARP *et al.*, 2015; HOLM *et al.*, 2008), gerando um valor total único (Alteração percentual da $AST_{\text{músculo}}$) para o peitoral maior e tríceps braquial, que foram também submetidos às análises.

2.4.2 Alteração percentual do desempenho de contração isométrica voluntária máxima

Conforme já descrito, o desempenho de força máxima isométrica foi determinado pela média dos valores máximos de força registrados durante o teste de CIVM. Para as análises, calculou-se a alteração percentual (medida relativa) entre o pré-teste e pós-teste da CIVM ($[CIVM \text{ pós-teste} - CIVM \text{ pré-teste}] / CIVM \text{ pré-teste} \times 100$) (BLOOMQUIST *et al.*, 2013). Desta forma, cada uma das três ADM (10%, 50% e 90%) gerou uma variável de alteração percentual de contração isométrica voluntária máxima (Alteração percentual da CIVM).

2.4.3 Alteração percentual do desempenho de 1RM

O desempenho de força máxima dinâmica foi analisado a partir do cálculo da alteração percentual (medida relativa) entre o pré-teste e pós-teste de 1RM (Alteração percentual de 1RM) $(1RM \text{ pós-teste} - 1RM \text{ pré-teste}) / 1RM \text{ pré-teste} \times 100$).

2.4.4 Alteração percentual do desempenho de resistência de força

O desempenho de RF a foi analisado a partir do cálculo da alteração percentual (medida relativa) entre o número máximo de repetições realizados a 70% 1RM no pré-teste e no pós-teste (Alteração percentual da RF) $(\text{número repetições no pós-teste} - \text{número no repetições pré-teste}) / \text{número de repetições no pré-teste} \times 100$).

2.5 Análise estatística

Inicialmente foi realizada uma análise descritiva de todas as variáveis do estudo, representadas por média e desvio padrão. Considerando que o objetivo do estudo foi comparar a magnitude das alterações provocadas pelos protocolos de treinamento, conforme já apresentado, todas as principais variáveis foram transformadas em respostas percentuais.

A análise inferencial foi realizada por meio de Análises de Variância (ANOVA). A normalidade da distribuição e a homogeneidade das variâncias das medidas relativizadas foram verificadas por meio dos testes Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Quando realizada uma ANOVA na qual haviam medidas repetidas, foi também verificada a esfericidade por meio do teste de Mauchly e, se necessário, a correção de Greenhouse-Geisser foi utilizada (FIELD, 2013).

Para a análise da alteração percentual da $AST_{\text{músculo}}$ do peitoral maior e tríceps braquial (Objetivo 1), foi utilizada uma ANOVA *one way* (fator único: Grupo) separadamente por músculos. Para analisar a alteração percentual da AST_{regional} do peitoral maior e tríceps

braquial (Objetivo 2), aplicou-se para cada músculo uma ANOVA *two way* mista (fator 1: Grupo; fator 2: Região Muscular).

Para a análise da alteração percentual da CIVM em diferentes ADM do exercício supino (Objetivo 3), foi utilizada uma ANOVA *two way* mista (fator 1: Grupo; fator 2: ADM). Para analisar a alteração percentual de 1RM (Objetivo 4) e alteração percentual da RF (Objetivo 5), foram utilizadas ANOVA *one way* (fator único: Grupo).

Por fim, visando analisar o desenvolvimento do aumento da força máxima dinâmica ao longo do estudo, os desempenhos absolutos de 1RM (kg) nas semanas 3, 5, 7 e 9 foram também comparados. Neste caso, aplicou-se uma ANOVA *two way* mista (fator 1: Grupo; fator 2: Tempo).

Havendo a presença de valor significativo de F para efeito principal ou interação, foi aplicado o teste *post hoc* de Sidak. Em algumas análises foram identificadas heterocedasticidade das variâncias. Nestes casos, adotou-se o *post hoc* de Games-Howell (FIELD, 2013).

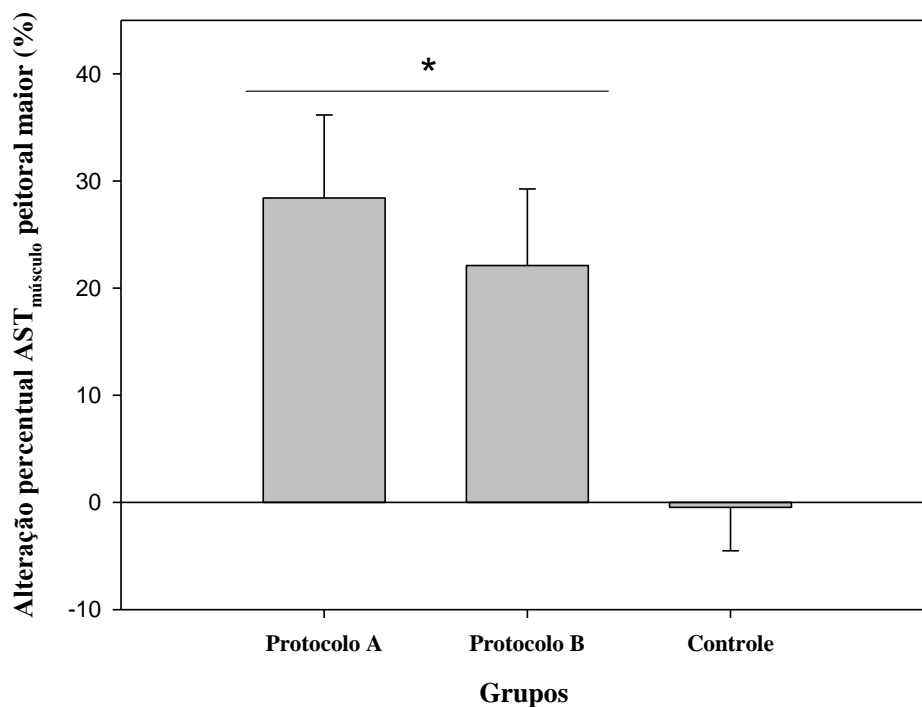
No presente estudo foi também apresentado tamanho do efeito por meio do *eta squared* (η^2), calculado a partir da divisão da soma de quadrados do efeito (principal ou interação) pelo total da soma de quadrados, informações que se encontram disponíveis no resultado da ANOVA (FRITZ *et al.*, 2012). Considerou-se o tamanho do efeito de $\eta^2 = 0,140$ como grande, $\eta^2 = 0,060$, como médio e $\eta^2 = 0,010$ como pequeno (COHEN, 1988). Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no pacote estatístico SPSS 15.0. O nível de significância adotado foi de 0,05.

3 RESULTADOS

Os resultados foram analisados a partir da alteração percentual das variáveis do pré-teste para o pós-teste, exceto pelo aumento do 1RM ao longo das semanas. Entretanto, os valores absolutos obtidos (estatística descritiva e análise inferencial para comparação de valores pré-teste) são apresentados no Apêndice B. Destaca-se que não foram identificadas diferenças entre os três grupos nos valores absolutos pré-teste das variáveis AST do peitoral maior e tríceps braquial, bem como nos desempenhos de CIVM, de 1RM ou de RF.

O Gráfico 2 apresenta a alteração percentual da $AST_{\text{músculo}}$ do peitoral maior. Por meio da ANOVA *one way*, verificou-se a existência de diferenças entre os grupos ($F_{2; 30} = 59,7$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,799$). O *post hoc* de Sidak indicou superioridade dos protocolos de treinamento em relação ao grupo Controle ($p < 0,001$), mas não foram detectadas diferenças entre os protocolos ($p = 0,089$).

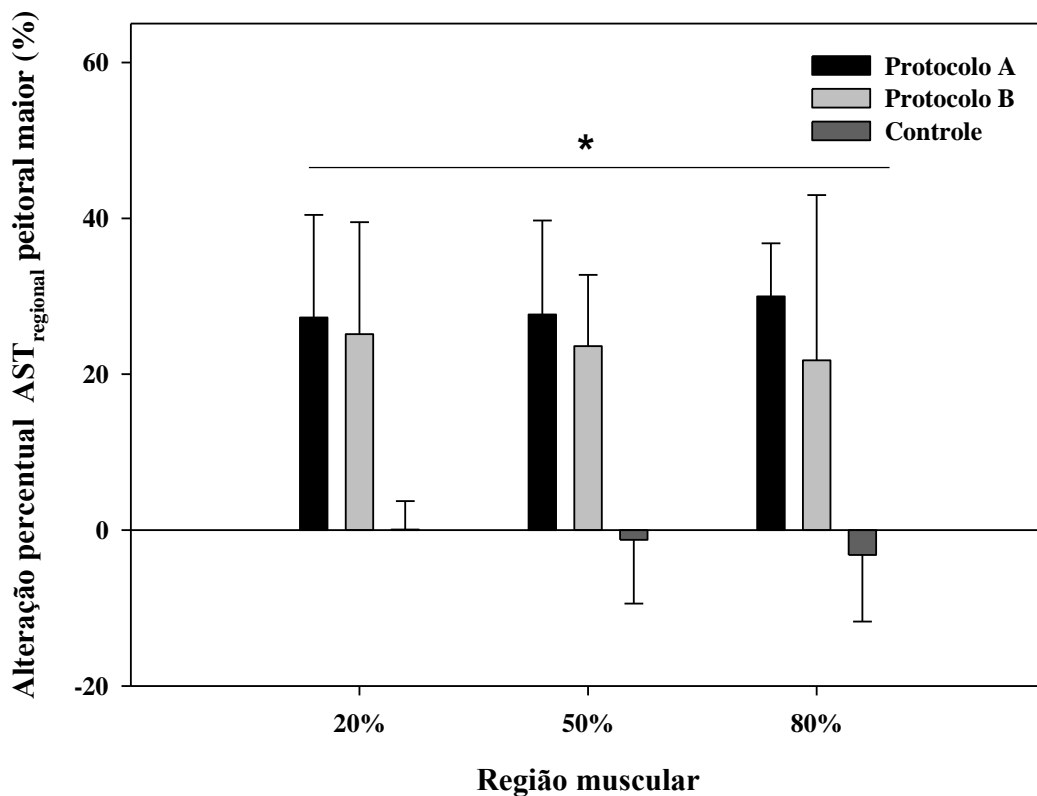
Gráfico 2 – Alteração percentual do somatório das áreas de secção transversa do músculo peitoral maior



Legenda: Alteração percentual $AST_{\text{músculo}}$ – alteração percentual do somatório das três áreas de secção transversa obtidas no músculo; Protocolo A – 12 repetições, 3 s; Protocolo B – 6 repetições, 6 s; * - Protocolos A e B maiores que o Grupo controle ($p < 0,001$). **Fonte:** Elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

Na análise da alteração percentual da $AST_{regional}$ do músculo peitoral maior (Gráfico 3), observou-se efeito significativo do fator Grupo ($F_{2; 30} = 63,8$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,554$), mas não do fator Região Muscular ($F_{1,4; 43,1} = 0,16$; $p < 0,778$; $\eta^2 = 0,002$) ou da interação entre os fatores ($F_{2,9; 43,1} = 0,21$; $p = 0,764$; $\eta^2 = 0,007$). De acordo com o *post hoc* de Sidak, os grupos que realizaram os protocolos de treinamento tiveram alterações percentuais maiores que o grupo Controle ($p < 0,001$), mas não diferentes entre si ($p = 0,239$).

Gráfico 3 – Alteração percentual da área de secção transversa do músculo peitoral maior em diferentes regiões

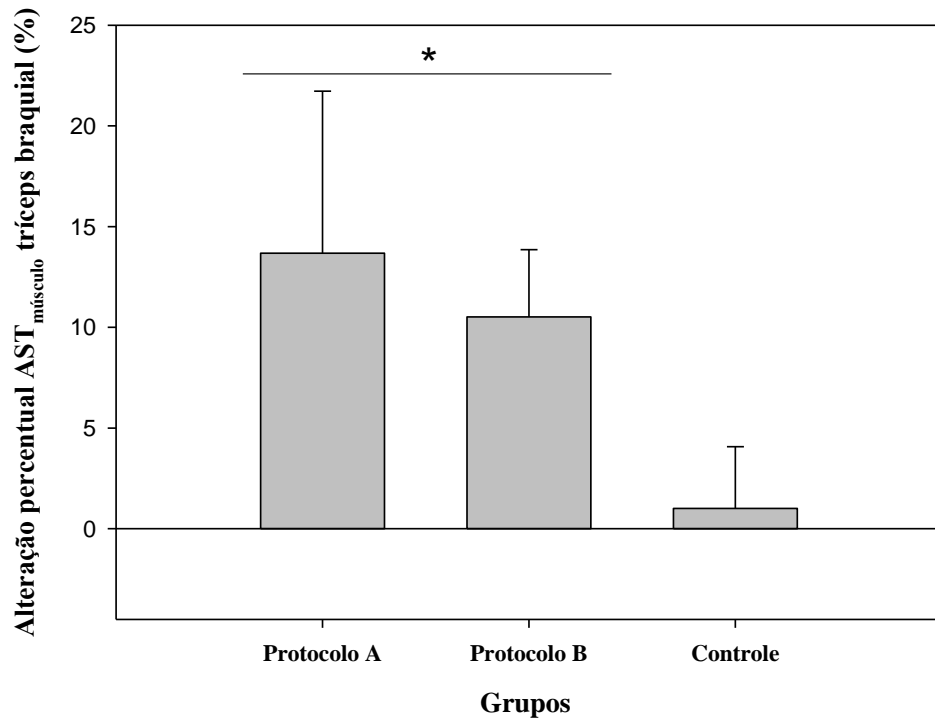


Legenda: Alteração percentual $AST_{regional}$ – alteração percentual da área de secção transversa obtida em diferentes regiões do músculo; Protocolo A – 12 repetições, 3 s; Protocolo B – 6 repetições, 6 s; * - Protocolos A e B maiores que o Grupo controle ($p < 0,001$).

Fonte: Elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

O Gráfico 4 apresenta a alteração percentual da $AST_{músculo}$ do tríceps braquial. Através da ANOVA *one way*, verificou-se a existência de diferenças entre os grupos ($F_{2; 30} = 16,9$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,529$). O *post hoc* de Games-Howell indicou superioridade dos Protocolos de treinamento em relação ao grupo Controle ($p < 0,001$), mas não foram identificadas diferenças entre os protocolos ($p = 0,470$).

Gráfico 4 – Alteração percentual do somatório das áreas de secção transversa do músculo tríceps braquial

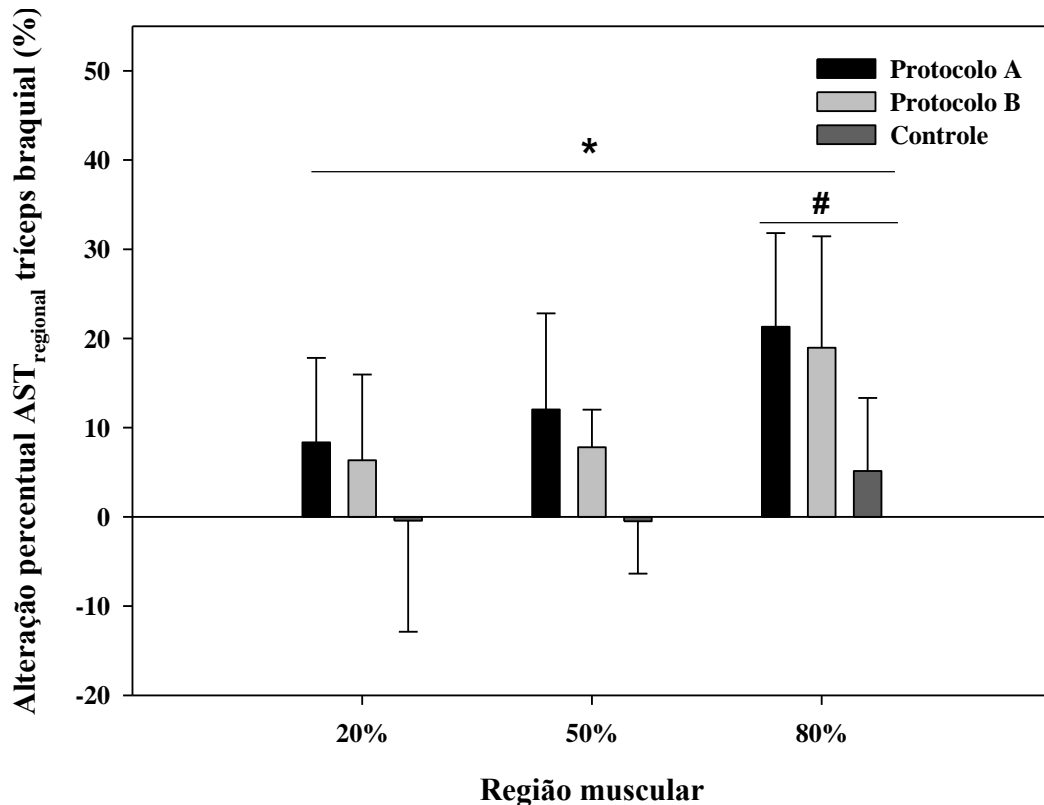


Legenda: Alteração percentual AST_{músculo} – alteração percentual do somatório das três áreas de secção transversa obtidas no músculo; Protocolo A – 12 repetições, 3 s; Protocolo B – 6 repetições, 6 s; * - Protocolos A e B maiores que o Grupo controle ($p < 0,001$).

Fonte: Elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

Na análise da alteração percentual da AST_{regional} do tríceps braquial (Gráfico 5), foram observados efeitos significativos para os fatores Grupo ($F_{2; 30} = 15,8$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,210$) e Região Muscular ($F_{2; 60} = 10,7$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,151$), mas não para a interação entre os fatores ($F_{4; 60} = 0,55$; $p = 0,694$; $\eta^2 = 0,016$). O resultado de *post hoc* de Sidak para o efeito principal do fator Grupo demonstrou que os protocolos de treinamento tiveram alterações relativas superiores ao grupo Controle ($p < 0,001$), mas não foram diferentes entre si ($p = 0,239$). Para o fator Região Muscular, verificou-se que a alteração relativa na região 80% foi maior que a alteração nas regiões 50% e 20% ($p < 0,001$). Não foram identificadas diferenças entre as regiões 50% e 20% ($p = 0,848$).

Gráfico 5 – Alteração percentual da área de secção transversa do músculo tríceps braquial em diferentes regiões

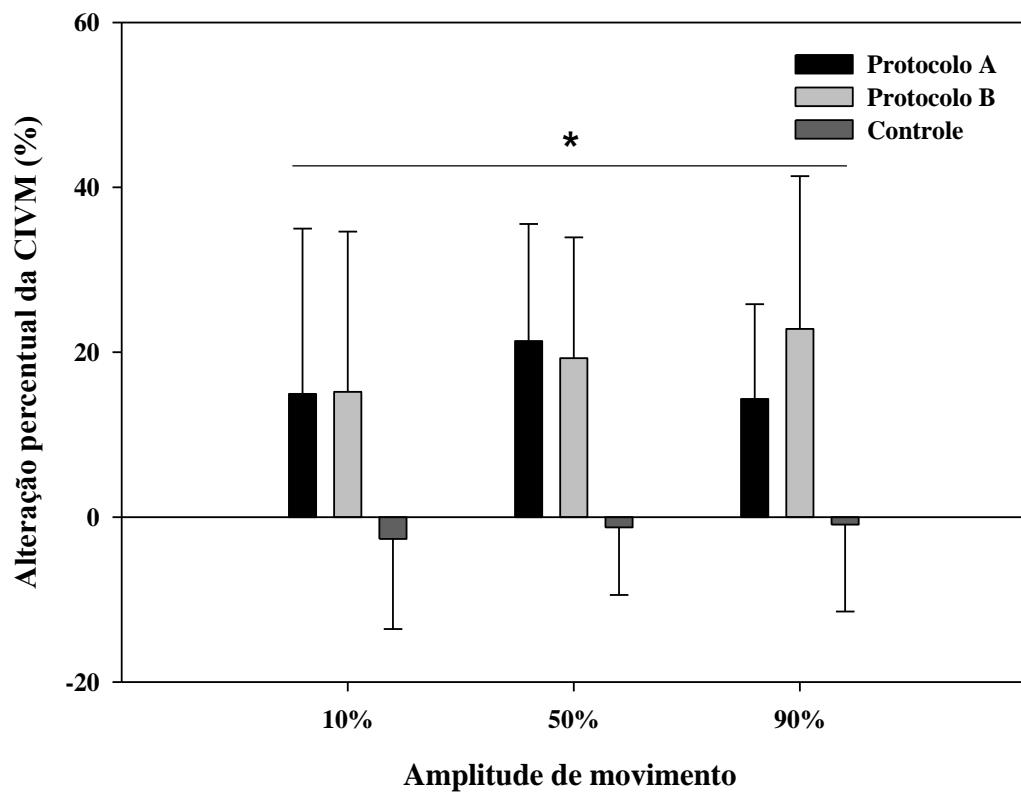


Legenda: Alteração percentual $AST_{regional}$ – alteração percentual da área de secção transversa obtida em diferentes regiões do músculo; Protocolo A – 12 repetições, 3 s; Protocolo B – 6 repetições, 6 s; * - Protocolos A e B maiores que o Grupo controle ($p < 0,001$); # - Região 80% maior que regiões 50% e 20% ($p < 0,001$)

Fonte: Elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

Na ANOVA *two way*, utilizada para análise da alteração percentual da CIVM, foi identificado efeito principal de Grupo ($F_{2; 30} = 9,35$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,295$). Não foram verificados efeito principal do fator ADM ($F_{2; 60} = 1,37$; $p = 0,259$; $\eta^2 = 0,009$) ou da interação entre os fatores ($F_{4; 60} = 0,97$; $p = 0,427$; $\eta^2 = 0,013$). O *post hoc* de Sidak demonstrou que o grupo controle apresentou valores inferiores ao Protocolo A ($p = 0,004$) e ao Protocolo B ($p = 0,001$). Não foi identificada diferença entre os protocolos de treinamento ($p = 0,966$). Os resultados referentes à alteração percentual da CIVM em diferentes ADM encontram-se no Gráfico 6.

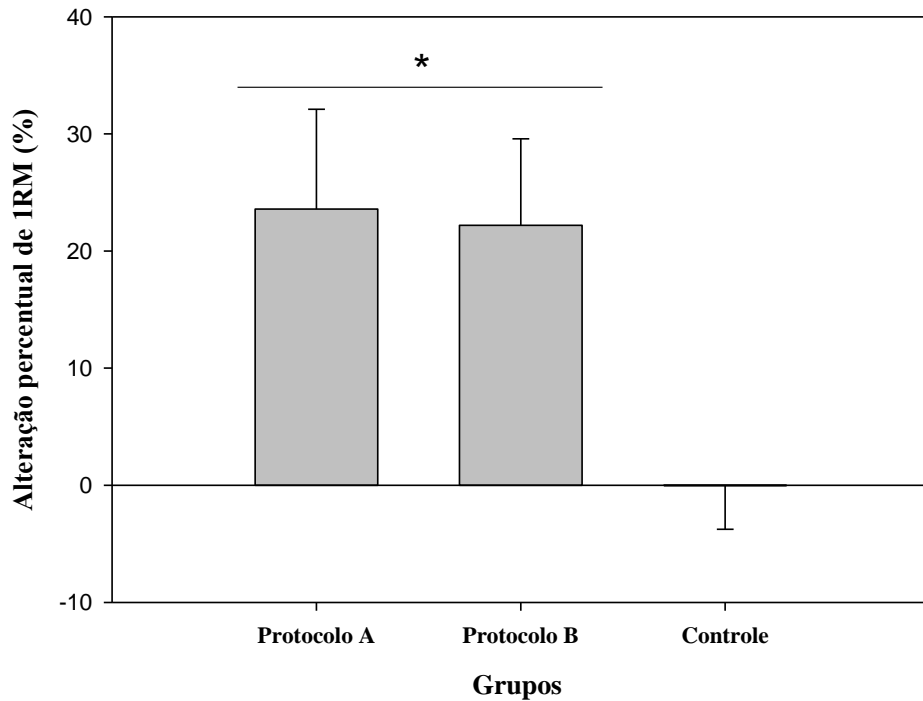
Gráfico 6 – Alteração percentual no desempenho do teste de contração isométrica voluntária máxima



Legenda: Alteração percentual da CIVM – alteração percentual no teste de contração isométrica voluntária máxima; Protocolo A – 12 repetições, 3 s; Protocolo B – 6 repetições, 6 s; * - Protocolos A e B maiores que o Grupo controle ($p < 0,01$); CIVM - teste contração isométrica voluntária máxima

Fonte: Elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

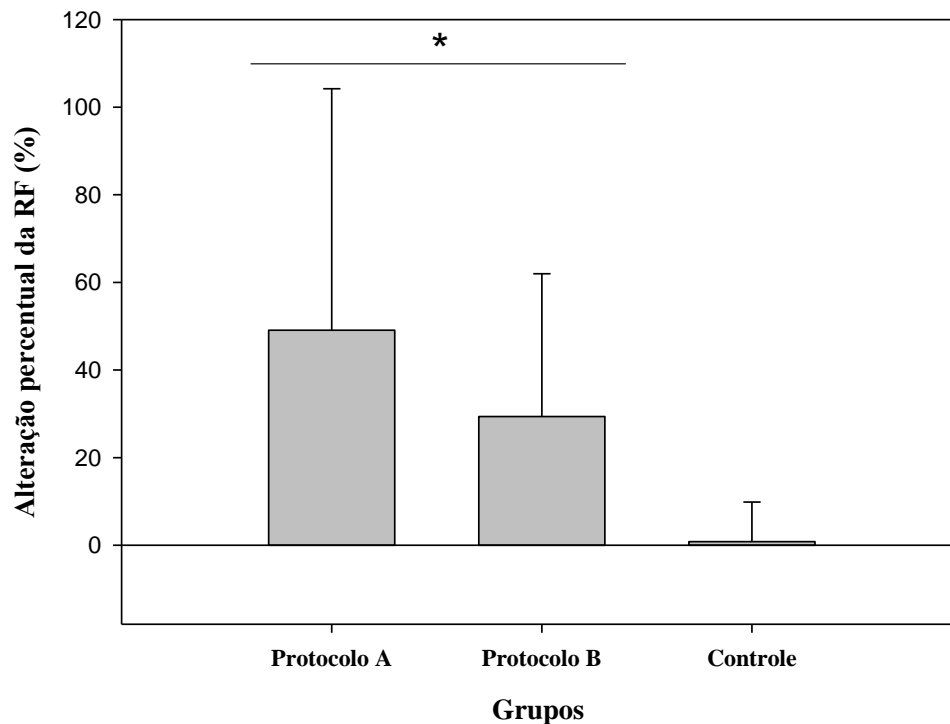
O Gráfico 7 apresenta alteração percentual de 1RM dos três grupos. Através da ANOVA *one way*, verificou-se a existência de diferenças entre os grupos ($F_{2; 30} = 41,2$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,733$). O *post hoc* de Games-Howell indicou superioridade dos protocolos de treinamento em relação ao grupo Controle ($p < 0,001$), mas não foram detectadas diferenças entre os Protocolos A e B ($p = 0,913$).

Gráfico 7 – Alteração percentual no desempenho do teste de 1RM

Legenda: Alteração percentual de 1RM – alteração percentual no teste de uma repetição máxima; Protocolo A – 12 repetições, 3 s; Protocolo B – 6 repetições, 6 s; * - Protocolos A e B maiores que o Grupo controle ($p < 0,001$)
Fonte: Elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

O Gráfico 8 apresenta os dados de alteração percentual da RF. Verificou-se a existência de diferenças entre os grupos ($F_{2; 30} = 4,64$; $p = 0,017$; $\eta^2 = 0,236$). O *post hoc* de Games-Howell indicou superioridade dos protocolos de treinamento em relação ao grupo Controle ($p = 0,039$ e $0,041$, Protocolos A e B, respectivamente), mas os protocolos não foram diferentes entre si ($p = 0,547$).

Gráfico 8 - Alteração percentual no desempenho do teste de resistência de força (número máximo de repetições a 70% 1RM)

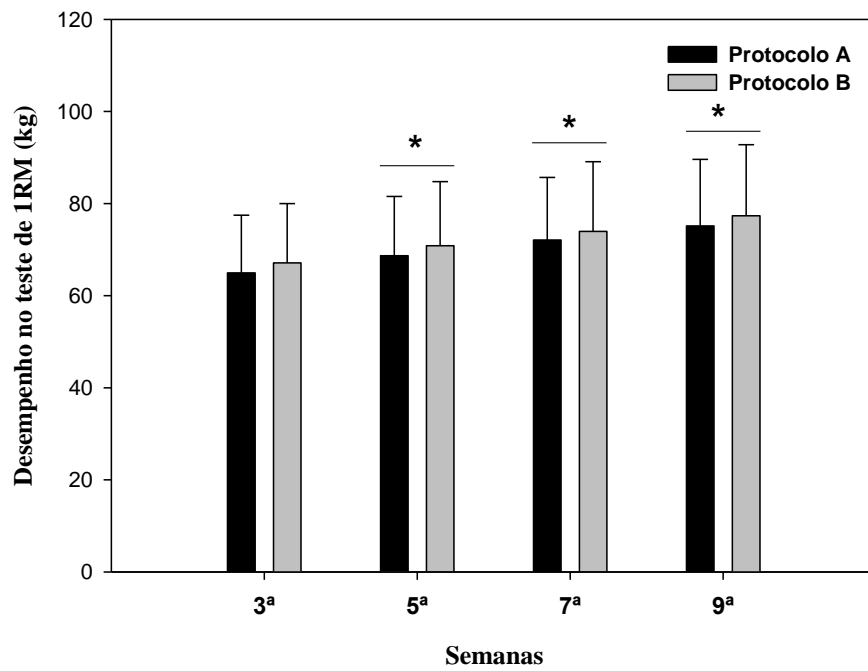


Legenda: Alteração percentual RF – alteração percentual no teste de resistência de força; Protocolo A – 12 repetições, 3 s; Protocolo B – 6 repetições, 6 s; * - Protocolos A e B maiores que o Grupo controle ($p < 0,05$)

Fonte: Elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

Os dados de desempenho de 1RM dos grupos experimentais ao longo do período de treinamento refletem os resultados de resposta relativa observados para esta mesma variável, uma vez que a ANOVA *two-way* não apresentou valor de F significativo para o efeito principal de Grupo ($F_{1; 20} = 0,13$; $p = 0,724$; $\eta^2 = 0,005$) e para interação Grupo x Tempo ($F_{3; 60} = 0,03$; $p = 0,959$; $\eta^2 = 0,001$). Entretanto, foi verificado valor de F significante para o efeito Tempo ($F_{3; 60} = 83,4$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,993$). Por meio do detalhamento do *post hoc* de Sidak para o efeito de Tempo, verificou-se que o desempenho de grupos aumentou progressivamente ao longo de todos os intervalos avaliados ($p < 0,001$). Os dados descritivos do desempenho no teste de 1RM dos grupos que realizaram os protocolos de treinamento estão apresentados no Gráfico 9.

Gráfico 9 – Evolução do desempenho de 1RM grupos experimentais ao longo do período de treinamento



Legenda: Protocolo A – 12 repetições, 3 s; Protocolo B – 6 repetições, 6 s; * - Diferente da semana anterior de avaliação ($p < 0,001$); 1RM - teste de uma repetição máxima

Fonte: Elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

4 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que protocolos com diferentes durações das repetições e números de repetições, porém equiparados pelo tempo sob tensão (TST), ocasionam aumentos similares no somatório das áreas de secção transversa (AST) dos músculos peitoral maior e tríceps braquial, bem como das suas respectivas AST regionais. Foi também verificado que a realização dos protocolos de treinamento promoveu uma resposta hipertrófica homogênea ao longo do comprimento do músculo peitoral maior, porém não homogênea no músculo tríceps braquial. Ambos os protocolos de treinamento provocaram aumentos similares de força máxima dinâmica e isométrica, bem como da resistência de força.

4.1 Alteração percentual do somatório das áreas de secção transversa musculares ($AST_{\text{músculo}}$)

A hipótese 1 do presente estudo foi parcialmente confirmada, já que os grupos experimentais apresentaram maiores percentuais de $AST_{\text{músculo}}$ que o grupo Controle. Entretanto, não foram encontradas diferenças entre os protocolos na alteração percentual da $AST_{\text{músculo}}$. A segunda parte dessa hipótese foi formulada levando em consideração diferentes fatores que favoreceriam a maior resposta hipertrófica do Protocolo A, tais como, (i) a expectativa de maior recrutamento de unidades motoras (LACERDA *et al.*, 2016), (ii) a existência de maiores picos de força durante a execução de cada repetição (SAMPSON *et al.*, 2014; SAMPSON; GROELLER, 2016) e (iii) a realização de maior volume de treinamento (SCHOENFELD *et al.*, 2017).

O aumento do recrutamento de unidades motoras durante a execução de protocolos de treinamento na musculação tem sido apontado como um dos fatores centrais para o desencadeamento de respostas hipertróficas (LOENNEKE *et al.*, 2011; SCHOENFELD, 2013a; TAKADA *et al.*, 2012). Várias pesquisas têm analisado o impacto da manipulação de variáveis dos protocolos de treinamento nas respostas de ativação muscular, sendo esta frequentemente mensurada por meio da eletromiografia de superfície (BURD *et al.*, 2012; LACERDA *et al.*, 2016; MARTINS-COSTA *et al.*, 2016; TANIMOTO; ISHII, 2006; WATANABE *et al.*, 2014). Conforme previamente apresentado, o estudo de Lacerda *et al.*

(2016) comparou dois protocolos equiparados pelo TST, com diferentes durações das repetições e números de repetições, sendo feito o registro eletromiográfico de superfície. Os autores verificaram maiores valores da amplitude do sinal eletromiográfico no protocolo realizado com maior número de repetições e menor duração da repetição, sugerindo uma maior participação de unidades motoras nessa situação experimental. Embora Lacerda *et al.* (2016) tenham identificado diferenças na amplitude do sinal eletromiográfico entre os protocolos e, possivelmente no recrutamento de unidades motoras, talvez tais diferenças não tenham sido suficientes para resultar em benefícios adicionais na resposta hipertrófica, considerando o período investigado. Deve-se destacar que, apesar do aumento da amplitude do sinal eletromiográfico estar associado a um maior recrutamento de unidades motoras (SUZUKI *et al.*, 2002), outros fatores podem colaborar para esta alteração da variável, como o aumento da frequência de disparo e sincronização das unidades motoras (HUNTER *et al.*, 2004). Técnicas mais específicas de análise da atividade eletromiográfica de superfície (normalmente limitadas às ações isométricas) são necessárias para a obtenção de informações mais detalhadas do recrutamento de unidades motoras (HECKMAN; ENOKA, 2012), devendo, portanto, existir cautela na interpretação dos registros eletromiográficos obtidos tradicionalmente em protocolos de treinamento de força na musculação (VIGOTSKY *et al.*, 2017).

Maiores valores de força instantânea foram encontrados no Protocolo A (maior número de repetições e menor duração da repetição), especificamente ao final da ação excêntrica (Gráfico 1). Isso promoveria a expectativa de uma maior geração de tensão pela musculatura e, conseqüentemente, maior resposta hipertrófica (SAMPSON; GROELLER, 2016). Salienta-se que, embora a duração concêntrica ou excêntrica do Protocolo B (menor número de repetições e maior duração da repetição) tenha sido o dobro do Protocolo A (3 s vs. 1,5 s), a diferença na magnitude do pico de força aplicada entre as duas situações experimentais foi pequena ($\cong 5\%$). Diferentemente de outra pesquisa (SAMPSON *et al.*, 2014), que também comparou protocolos com durações das repetições distintas, foram encontradas diferenças no pico de força de aproximadamente 55% ao final da ação excêntrica e 25% no início da ação concêntrica. Entretanto, os sujeitos foram orientados realizar movimentos balísticos (velocidades máximas; protocolo de menor duração da repetição) ou movimentos controlados em 4s (2 s por ação muscular; protocolo de maior duração da repetição). Em um estudo posterior, aplicando tais protocolos durante 12 semanas de treinamento, Sampson e Groeller (2016) encontraram ganhos similares de hipertrofia

muscular nas duas condições experimentais. Para estes autores, a diferença na força aplicada em função dos movimentos balísticos seria um fator crucial para o aumento da massa muscular, principalmente considerando o baixo TST utilizado no protocolo de menor duração da repetição ($\cong 14$ s por série) quando comparado ao protocolo de maior duração da repetição ($\cong 25$ s por série). No presente estudo, visando facilitar a equiparação do TST, optou-se por não utilizar movimentos explosivos no Protocolo A. Portanto, é possível que a diferença nos picos de força entre os protocolos de treinamento não tenha sido de magnitude suficiente para provocar alterações distintas na $AST_{\text{músculo}}$ registrada nos grupos experimentais.

No Protocolo A foi realizado o dobro do volume (*i.e.*, número total de repetições) quando comparado ao Protocolo B. Conforme previamente apresentado, o volume de treinamento tem sido frequentemente apontado como um fator importante no aumento da massa muscular (SCHOENFELD *et al.*, 2017; WERNBOM *et al.*, 2007). Entretanto, deve-se ressaltar que a realização de um maior volume no treinamento resulta, na maior parte das vezes, em um aumento do TST, o que pode explicar a superioridade da resposta hipertrófica observada nos protocolos com maior volume (SCHOENFELD *et al.*, 2017). Pesquisas que equiparam o volume, mas aumentaram o TST por meio da manipulação da duração da repetição, também corroboram essa hipótese, já que os protocolos executados com aumento do TST provocaram maiores ganhos de hipertrofia muscular (TANIMOTO; ISHII, 2006; WATANABE *et al.*, 2013; USUI *et al.*, 2016). Considerando esse possível impacto positivo do TST nas respostas ao treinamento, no presente estudo, os protocolos com diferentes volumes foram equiparados pelo TST e os resultados não mostraram diferenças no aumento da $AST_{\text{músculo}}$ analisadas. Espera-se que o aumento do TST favoreça, por exemplo, um maior recrutamento de unidades motoras ao longo da realização do protocolo de treinamento (BURD *et al.*, 2012; MARTINS-COSTA *et al.*, 2016; SUZUKI *et al.*, 2002; SUGA *et al.*, 2012), além de aumentar a resposta metabólica ao exercício (SCHOENFELD *et al.*, 2017; SUGA *et al.*, 2012). Entretanto, considerando as diferentes possibilidades de organização do TST em protocolos de treinamento executados na musculação (GEHLERT *et al.*, 2015; LACERDA *et al.*, 2016; PELZER *et al.*, 2017; TRAN; DOCHERTY, 2006; TRAN *et al.*, 2006) e o pequeno número de estudos longitudinais disponíveis que equiparam o TST (PELZER *et al.*, 2017), deve-se ter cautela ao se propor generalizações sobre o efeito da resposta hipertrófica provocadas pela equiparação do TST.

Como relatado anteriormente, a hipótese de superioridade de um protocolo com maior número de repetições e menor duração da repetição foi rejeitada, uma vez que a resposta de

hipertrofia muscular foi similar entre os Protocolos A e B no presente estudo. Esse resultado reforça dados de outras pesquisas que investigaram protocolos de treinamento caracterizados pela execução de movimentos lentos (maiores durações das repetições) (TANIMOTO; ISHII, 2006; TANIMOTO *et al.*, 2008; WATANABE *et al.*, 2013; USUI *et al.*, 2016). Tanimoto e Ishii (2006) demonstraram que protocolos realizados com maiores durações das repetições (3 s concêntrica; 3 s excêntrica; 1 s isométrica) e intensidades moderadas ($\cong 55\%$ 1RM) promoveram aumento da AST do grupo muscular quadríceps em magnitudes similares aos protocolos com menores durações das repetições (1s concêntrico; 1s excêntrico; 1s pausa) e maior intensidade ($\cong 80$ 1RM). Corroborando esses achados, resultados similares foram encontrados em outro estudo que utilizou protocolos de treinamento semelhantes, comparando outros tipos de exercícios e mensurando a resposta de hipertrofia muscular por meio da espessura de diferentes grupos musculares (TANIMOTO *et al.*, 2008). A explicação relatada por diferentes autores para fundamentar estes resultados encontrados (TANIMOTO; ISHII, 2006; TANIMOTO *et al.*, 2008; WATANABE *et al.*, 2013; USUI *et al.*, 2016), poderá também auxiliar no entendimento das respostas encontradas no presente estudo. Segundo Tanimoto e Ishii (2006), a geração de um padrão pouco variável de aplicação da força, devido à realização de movimentos mais lentos, provocaria um aumento da pressão intramuscular ao longo de toda ADM, que restringiria o fluxo sanguíneo para os músculos ativos, resultando em desoxigenação muscular e um acúmulo de subprodutos metabólicos. Considerando o impacto do acúmulo de metabólitos musculares na hipertrofia muscular (SCHOENFELD *et al.*, 2013a; TAKADA *et al.*, 2012), e que o Protocolo B do presente estudo utilizou configurações envolvendo maiores durações das repetições, é possível que este mecanismo possa ter colaborado no aumento da AST muscular do tríceps braquial e peitoral maior. Além disso, se este mecanismo de fato colaborou para a resposta de hipertrofia muscular, o mesmo também pode ter influenciado de forma a equilibrar as possíveis vantagens associadas ao Protocolo A. Embora, a desoxigenação muscular (TANIMOTO; ISHII, 2006) e a resposta metabólica local (TAKADA *et al.*, 2012; SUGA *et al.*, 2009, 2012) tenham sido verificadas experimentalmente, no presente estudo esses mecanismos não foram analisados, o que dificulta inferir sobre os mesmos. Estudos futuros deverão fazer o monitoramento de tais respostas em protocolos de treinamento equiparados pelo TST.

Por fim, deve-se também destacar que, embora diferenças na alteração da $AST_{\text{músculo}}$ não tenham sido encontradas entre as situações experimentais ($p > 0,05$), o Protocolo A apresentou ganhos 6% maiores que o Protocolo B para o músculo peitoral maior ($p = 0,089$).

Portanto, próximas pesquisas deverão avaliar o impacto de intervenções com períodos de treinamento maiores que os adotados na no presente estudo. Considerando que períodos de treinamento mais longos (*e.g.*, > 12 semanas) poderiam também resultar em maiores alterações na AST muscular (OGASAWARA *et al.*, 2012; 2013), é possível que esta tendência de maior alteração percentual relacionada ao Protocolo A represente uma resposta esperada, caso intervenções com períodos de treinamento superiores a 10 semanas venham a ser realizadas.

4.2 Alteração percentual da área de secção transversa regional (AST_{regional})

A hipótese 2 do presente estudo foi formulada considerando que os grupos experimentais teriam percentuais de AST_{regional} maiores que o grupo Controle. Além disso, ocorreria uma resposta hipertrófica diferente nas regiões musculares avaliadas (20%, 50% e 80% do úmero), sendo que os protocolos promoveriam diferentemente esse aumento não homogêneo. Os resultados indicaram que a hipótese 2 foi parcialmente rejeitada, uma vez que os grupos experimentais obtiveram maior percentual da AST_{regional} em relação ao grupo Controle e que a região distal do tríceps braquial (AST_{regional} 80%) apresentou maior aumento que as demais regiões (AST_{regional} 50% e 20%). Entretanto, tal alteração não foi observada no músculo peitoral maior. Adicionalmente, os protocolos de treinamento não provocaram efeitos diferentes em nenhum dos músculos avaliados.

No presente estudo, o aumento da AST do músculo peitoral maior considerando as diferentes regiões musculares avaliadas variou de 27,2% a 29,9% no Protocolo A e de 21,8% a 25,1% no Protocolo B. Aparentemente apenas uma pesquisa verificou a resposta hipertrófica regional no músculo peitoral maior. No estudo de Ogasawara *et al.* (2013) foi analisado o efeito de 24 semanas de treinamento na AST de três regiões do músculo peitoral maior determinadas a partir do comprimento do úmero dos voluntários (25%, 50% e 75% da distância entre o acrômio e olecrano). Os autores verificaram que o treinamento no exercício supino (3 séries de 10 repetições a 75% 1RM, pausas de 2-3 min, 3 vezes por semana) promoveu aumentos que variaram de 36,3% a 40% entre as regiões mensuradas, embora não tenha sido realizada uma análise inferencial para comparação entre ganhos obtidos. Neste mesmo estudo, foi também reportado o aumento da área de maior ventre muscular na 12^a

semana de treinamento, sendo verificados ganhos em torno de 25% da AST do músculo peitoral maior, valores similares ao ganho médio dos grupos experimentais do presente estudo (10 semanas de treinamento). Comparações adicionais com outras pesquisas tornam-se limitadas, uma vez que não foram encontrados estudos que mensuraram diferentes AST do músculo peitoral no plano sagital.

Uma maior quantidade de informação está disponível sobre alterações regionais do músculo tríceps braquial (KANEHISHA *et al.*, 2002; KAWAKAMI *et al.*, 1995; MATTA *et al.*, 2011; OGASAWARA *et al.*, 2013; WAKAHARA *et al.*, 2012; 2013a), embora apenas Ogasawara *et al.* (2013) tenham analisado treinamentos no exercício supino. Ao final das 24 semanas de treinamento realizadas nesse estudo, foram reportadas alterações percentuais de 19,5%, 20,5% e 19,8%, respectivamente nas regiões correspondentes a 25%, 50% e 75% da distância entre o acrômio e olécrano. Assim como no músculo peitoral maior, foi também registrado no estudo de Ogasawara *et al.* (2013) o ganho da área de maior ventre muscular do tríceps braquial após 12 semanas de treinamento, sendo tal valor próximo de 15%. No presente estudo, as alterações percentuais de AST do músculo tríceps braquial nas regiões 20%, 50% e 80% foram de 8,4%, 12,0 e 21,3% no Protocolo A e de 6,3%, 10,5% e 19,0% no Protocolo B respectivamente. Portanto, pode-se assumir certa similaridade ao comparar os ganhos obtidos no estudo de Ogasawara *et al.* (2013) na 12ª semana de treinamento (AST de maior ventre muscular) e os registrados no presente estudo ($AST_{regional} 50%$; maior ventre avaliado na presente pesquisa). Entretanto, quando analisadas as alterações regionais da AST, mesmo sem uma análise inferencial, os voluntários de Ogasawara *et al.* (2013) apresentaram respostas homogêneas da AST ao longo do comprimento do tríceps braquial. No presente estudo, foi verificado um efeito principal do fator Região Muscular ($AST_{regional} 80% > AST_{regional} 50%$ e $AST_{regional} 20%$) e Grupo (Protocolo A e B $>$ Controle). Neste sentido, pode-se dizer que as alterações mais distais na $AST_{regional}$ do músculo tríceps braquial tenham ocorrido após a realização dos protocolos. Considerando que as características dos sujeitos analisados por Ogasawara *et al.* (2013) foram similares a do presente estudo, bem como a forma de padronização das mãos na barra, torna-se difícil apresentar explicações para a diferença encontrada entre as pesquisas. Deve-se destacar que as regiões de análise foram diferentes entre as duas pesquisas. Possivelmente regiões mais distais e proximais tenham sido mensuradas no presente estudo, considerando os percentuais e os pontos de referência anatômica adotados.

Os resultados dos estudos envolvendo a análise hipertrófica regional do músculo tríceps braquial parecem sugerir que o tipo de exercício é capaz de interferir nesta resposta (KAWAKAMI *et al.*, 1995; WAKAHARA *et al.*, 2012; 2013a). Wakahara *et al.* (2012) analisaram o efeito do treinamento do exercício monoarticular “tríceps testa” (“*lying triceps extension*”) durante 12 semanas. Os voluntários (indivíduos destreinados) deveriam realizar 5 séries de 10 repetições a 80% 1RM, com pausas de 90s e frequência de 3 vezes por semana. Foram mensuradas a AST de 13 regiões do músculo tríceps braquial, verificando ganhos médios entre 20% e 40%, sendo as maiores alterações percentuais ocorrendo na região proximal do músculo tríceps braquial (próximo à articulação do ombro). Resultados relativamente semelhantes foram verificados por Kawakami *et al.* (1995), ao realizaram o exercício monoarticular “tríceps francês” (“*triceps french press*”). Em outro estudo similar, Wakahara *et al.* (2013a) aplicaram o mesmo protocolo de treinamento no exercício multiarticular “tríceps supinado” (“*dumbbell triceps press*”). Ganhos médios variaram de 15% a 25% e, diferentemente dos resultados anteriores (KAWAKAMI *et al.*, 1995; WAKAHARA *et al.*, 2012), maiores alterações percentuais ocorreram em regiões distais do músculo tríceps braquial (próximo à articulação do cotovelo). Destaca-se que o exercício “tríceps supinado” apresenta importante semelhança com o exercício supino, adotado no presente estudo. Em ambos há a ocorrência da extensão de cotovelos simultaneamente com um movimento na articulação glenoumeral (flexão de ombro ou adução horizontal de ombro, dependendo do exercício). Considerando a origem da cabeça longa do músculo tríceps braquial no tubérculo infraglenoidal da escápula (HANDLING *et al.*, 2010), é possível que sua ação não ocorra apenas como extensor do cotovelo, mas também em movimentos da articulação do ombro (LANDIN; THOMPSON, 2011), como a adução, extensão e talvez até mesmo abdução horizontal (HOUGLUM; BERTOTI, 2014). Portanto, é possível que a extensão de cotovelos durante o exercício supino implique também na necessidade de menor ativação da cabeça longa do músculo tríceps braquial, afim de que o movimento de adução horizontal do ombro seja realizado, o que em última análise, poderia promover menor tensão nesta região. Os dados de Wakahara *et al.* (2013a) sugerem tal comportamento, já que no exercício “tríceps supinado” a região proximal apresentou menor ativação muscular registrada por ressonância magnética. Essa resposta hipertrófica diferenciada de músculos biarticulares submetidos a exercícios mono e multiarticulares tem sido também verificada em outras pesquisas. No estudo de Ema *et al.* (2013), por exemplo, voluntários submetidos a um protocolo de treinamento no exercício monoarticular “banco extensor” apresentaram maiores ganhos de hipertrofia do músculo reto femoral em relação aos outros músculos do quadríceps. Por outro

lado, pesquisa de Earp *et al.* (2015), não foram verificadas alterações significativas da AST do músculo reto femoral quando os sujeitos executaram o exercício multiarticular agachamento (EARP *et al.*, 2015). Portanto, considerando que a cabeça longa do músculo tríceps braquial exerce uma função biarticular e ocupa predominantemente regiões proximais e médias do úmero (EL-KHOURY *et al.*, 2008; HEUCK *et al.*, 2012), é possível que exercícios multiarticulares, como o supino, promovam maior hipertrofia em regiões distais desse músculo. Pesquisas futuras devem analisar com mais detalhes as diferentes funções exercidas pelo músculo tríceps braquial (LANDIN; THOMPSON, 2011) e a ativação das suas diferentes porções (WAKAHARA *et al.*, 2012; 2013a) especificamente no exercício supino, a fim de que essa hipótese seja confirmada.

Na última década, uma maior atenção tem sido dada ao efeito da influência do protocolo de treinamento na musculação sobre a hipertrofia muscular regional (BLOOMQUIST *et al.*, 2013; EARP *et al.*, 2015; FRANCHI *et al.*, 2014; HOLM *et al.*, 2008; OGASAWARA *et al.*, 2013; MCMAHON *et al.*, 2014a; MCMAHON *et al.*, 2014b; SMITH *et al.*, 1995; STARKEY *et al.*, 1996), sendo que a maior parte dos estudos encontrados demonstraram que a alteração de alguma variável do protocolo de treinamento promove respostas hipertróficas diferentes ao longo do comprimento muscular (BLOOMQUIST *et al.*, 2013; EARP *et al.*, 2015; FRANCHI *et al.*, 2014; HOLM *et al.*, 2008; MCMAHON *et al.*, 2014a; MCMAHON *et al.*, 2014b). No estudo de Earp *et al.* (2015), especificamente, os voluntários realizaram durações das repetições diferentes, assim como o presente estudo. Para estes autores, a alteração dessa variável poderia interferir na distribuição da tensão gerada ao longo da musculatura, justificando pelo menos em parte as adaptações musculares mais proximais ou distais em alguns músculos do quadríceps. Entretanto, além dos protocolos testados por Earp *et al.* (2015) apresentarem intensidades e TST diferentes, deve-se salientar que estes autores adotaram durações das repetições bastante distintas (movimentos balísticos com baixa intensidade *vs.* movimentos controlados com altas intensidades), algo que não foi preconizado no presente estudo. Tem sido proposto que em músculos penados a realização de movimentos rápidos com baixas intensidades promoveria uma estratégia de contração muscular diferente quando comparada com movimentos mais lentos com alta intensidade (AZIZI *et al.*, 2008). Mais especificamente, a realização de movimentos rápidos de baixa intensidade permitiria uma maior rotação dos fascículos de músculos penados, promovendo assim, a produção de velocidades de encurtamento muscular maiores que a desenvolvida pela própria fibra muscular (AZIZI *et al.*, 2008; WAKAHARA *et al.*, 2013b). Como diferenças de

ângulo de penação são observadas dentro do próprio músculo (BLAZEVITH *et al.*, 2006; FUNG *et al.*, 2009), a maior velocidade do movimento poderia então favorecer a produção de tensão em fibras musculares mais susceptíveis a este tipo de tarefa motora (EARP *et al.*, 2015) promovendo, em última análise, adaptações musculares também regionais (BLAZEVITH *et al.*, 2006). Conforme mencionado, no presente estudo não foram executados movimentos balísticos. Além disso, as intensidades adotadas nos protocolos foram iguais (50% a 55%) e não tão baixas como as utilizadas por Earp *et al.* (2015) (0 a 30% 1RM). Adicionalmente, são esperadas diferenças no ângulo de penação entre músculos (KAWAKAMI *et al.*, 2006). Portanto, é possível que a configuração dos protocolos de treinamento e a arquitetura dos músculos aqui estudados possam ter colaborado com a obtenção de resultados diferentes daqueles previstos na hipótese 2. Entretanto, deve-se salientar mais fatores têm sido associados à resposta hipertrófica não homogênea da musculatura, tais como a ativação muscular seletiva (WAKAHARA *et al.*, 2012; 2013a; 2015) e oxigenação muscular não homogênea (MIYAMOTO *et al.*, 2013). Portanto, tais fatores devem também ser levados em consideração na interpretação dos resultados.

4.3 Alteração percentual da CIVM

No presente estudo foi hipotetizado que a alteração percentual da CIVM seria maior nos grupos experimentais que no grupo Controle. Além disso, os Protocolos A e B aumentariam a força em diferentes ADM de acordo com seu respectivo perfil cinético. Embora as alterações percentuais da CIVM tenham sido maiores nos grupos experimentais quando comparado ao grupo Controle, tais aumentos ocorreram de forma similar nas três ADM avaliadas e sem diferenças entre os protocolos de treinamento (Gráfico 6), mesmo estes demonstrando perfis cinéticos distintos (Gráfico 1).

A hipótese da relação entre o perfil cinético e aumentos percentuais de CIVM em ADM específicas se baseou em resultados de estudos que utilizaram protocolos de treinamento isométrico em ADM específicas, bem como protocolos de treinamentos dinâmicos em ADM reduzidas (ALEGRE *et al.*, 2014; GRAVES *et al.*, 1989; 1992; THÉPAUT-MATHIEU *et al.*, 1988; WEIR *et al.*, 1995). Nestas pesquisas, maiores ganhos de força máxima predominaram próximo de ADM utilizadas durante o período de treinamento.

No presente estudo os sujeitos realizaram seus treinamentos utilizando a mesma ADM, portanto, aplicando força ao longo de todo o deslocamento da barra. Mesmo que essa aplicação de força tenha sido diferente ao final da ação excêntrica ($\cong 5\%$) e da transição concêntrico-excêntrica (4% a 8%), talvez as magnitudes dessas diferenças encontradas tenham sido insuficientes para promover adaptações distintas, justificando os resultados encontrados no presente estudo. Contudo, pode-se observar que, na posição de menor comprimento muscular (CIVM-90%) foi verificada a maior diferença entre os perfis cinéticos (8%). Nessa posição, a diferença média de ganho de força entre os protocolos ficou próximo a 10%, sendo que o maior aumento foi obtido no Protocolo B. Considerando a maior consistência da literatura ao indicar resultados favoráveis para o ganho de força em posições de menor comprimento muscular (KUBO *et al.*, 2006; NOORKOIV *et al.*, 2014; THÉPAUT-MATHIEU *et al.*, 1988), é possível que protocolos com maiores diferenças no perfil cinético pudessem promover aumentos percentuais diferenciados da CIVM nas ADM testadas no presente estudo. Portanto, pesquisas futuras devem analisar se movimentos realizados com diferenças maiores na duração da repetição (exemplo, 1 s : 1 s vs. 4 s : 4 s) são capazes de promover adaptações distintas na força máxima ao longo da ADM.

Outro aspecto a ser destacado e que pode auxiliar no entendimento dos dados aqui encontrados diz respeito aos resultados dos estudos que analisaram respostas do treinamento isométrico em diferentes comprimentos musculares. Embora tenha sido demonstrado que o aumento de força ocorre próximo de ADM treinadas (ALEGRE *et al.*, 2014; GRAVES *et al.*, 1989; 1992; THÉPAUT-MATHIEU *et al.*, 1988; WEIR *et al.*, 1995), conforme mencionado acima, outras pesquisas confirmam esta hipótese apenas para treinamentos realizados em menores comprimentos musculares (KUBO *et al.*, 2006; NOORKOIV *et al.*, 2014). Kubo *et al.* (2006), por exemplo, verificaram que aumentos de força ocorriam próximo de ADM treinadas apenas quando os protocolos foram realizados em ADM finais de extensão de joelho (50° ; extensão completa = 0°), ou seja, com menor comprimento muscular. Por outro lado, quando os sujeitos realizaram treinamentos em comprimentos musculares maiores (100° ; extensão completa = 0°), a força foi aumentada em todas as ADM testadas. No presente estudo, apesar dos protocolos terem apresentado diferenças no perfil cinético, foi também verificado que ambos alcançaram seus maiores valores de força próximo da transição excêntrico-concêntrica, isto é, em posição de maior alongamento dos músculos. Portanto, é possível que a maior força gerada em posição de maior comprimento muscular possa ter provocado adaptações neuromusculares similares às verificadas por Kubo *et al.* (2006),

promovendo, em última análise, aumentos da força em praticamente toda a ADM. De fato, na pesquisa de Noorkoiv *et al.* (2014), a qual também analisou o treinamento isométrico de extensão de joelhos utilizando diferentes ADM, os ganhos de força máxima se correlacionaram com os aumentos de AST de algumas regiões do quadríceps, especificamente quando os sujeitos realizaram o protocolo de treinamento em maior comprimento muscular. Neste sentido, a resposta hipertrófica observada em ambos os protocolos do presente estudo pode ter sido um fator importante para os ganhos semelhantes de força obtidos em diferentes ADM.

Salienta-se, entretanto, que os mecanismos sugeridos para o aumento da força provocado por treinamentos realizados em diferentes comprimentos musculares são ainda pouco compreendidos e centralizados em pesquisas realizadas com exercícios monoarticulares (ALEGRE *et al.*, 2014; KUBO *et al.*, 2006; NOORKOIV *et al.*, 2014; THÉPAUT-MATHIEU *et al.*, 1988; WEIR *et al.*, 1995). Sendo assim, as transposições dessas informações para o presente estudo devem ser feitas com cautela.

4.4 Alteração percentual de 1RM

De acordo com a hipótese 4, maiores ganhos de força máxima dinâmica (teste de 1RM) seriam obtidos pelos voluntários do Protocolo A, sendo que ambos os protocolos apresentariam maiores valores que o grupo Controle. Verificou-se que as alterações percentuais dos grupos experimentais foram similares entre si, embora superiores ao grupo Controle.

Estudos que analisaram especificamente o aumento de desempenho de 1RM no exercício supino em períodos próximos de 10 semanas (OGASAWARA *et al.* 2011; 2012; 2013) encontraram valores percentuais maiores que os observados na presente pesquisa. Em uma série de investigações utilizando também sujeitos sem experiência recente (> 1 ano) com treinamento de força na musculação, Ogasawara *et al.* (2011; 2012; 2013) identificaram ganhos médios de 1RM que variaram de 28% a 34% (9 a 12 semanas de treinamento). Uma possível explicação para esse maior ganho, quando comparado ao presente estudo (23,6%, Protocolo A; 22,2%, Protocolo B), seria a maior intensidade utilizada nos protocolos de treinamento dos estudos citados (75%1RM) (OGASAWARA *et al.*, 2011; 2012; 2013).

Embora treinamentos realizados com altas intensidades ($>70\%$ 1RM) não demonstrem ser fundamentais para aumento da AST muscular (MITCHELL *et al.*, 2012; MORTON *et al.*, 2016; SCHOENFELD *et al.*, 2014; TANIMOTO; ISHII, 2006; TANIMOTO *et al.*, 2008), estes parecem provocar maiores ganhos de força mensurada pelo teste de 1RM (MITCHELL *et al.*, 2012; SCHOENFELD *et al.*, 2014). É importante também destacar que, diferentemente das pesquisas citadas que avaliaram os ganhos de força máxima utilizando especificamente o exercício supino (OGASAWARA *et al.*, 2011; 2012; 2013), no presente estudo o teste de 1RM foi realizado após o teste de CIVM. Portanto, este teste foi realizado em uma condição diferente quando comparada com outras pesquisas. Mesmo que o desempenho de 1RM tenha sido aqui avaliado a partir de alterações relativas (aumento percentual), somado ao fato desse procedimento ter ocorrido nas mesmas condições no início e final do estudo, não é possível definir o quanto os ganhos podem ter sido afetados pelo desenho experimental aqui adotado.

A hipótese da existência de diferença de desempenho de 1RM entre os grupos experimentais foi formulada considerando a expectativa de que a realização de treinamentos com menor duração da repetição (Protocolo A) promoveria adaptações neuromusculares favoráveis à maior produção de impulso nas ADM iniciais da fase concêntrica do movimento, facilitando assim, a superação da região de maior desvantagem mecânica do exercício supino (KOMPF; ARANDJELOVIC, 2017). Entretanto, a alteração percentual de 1RM não foi diferente entre os Protocolos A e B, resultados divergentes de algumas investigações que compararam o efeito de treinamentos com durações das repetições diferentes em protocolos com mesma intensidade (GONZÁLEZ-BADILLO *et al.*, 2014; PADULO *et al.*, 2012). Destaca-se, por outro lado, a existência de pesquisas que também manipularam a duração da repetição em protocolos com mesma intensidade e não verificaram diferenças no desempenho de 1RM (USUI *et al.*, 2016; WATANABE *et al.*, 2013). Os resultados contraditórios podem estar associados à forma como a duração da repetição foi prescrita. Embora a duração da repetição do Protocolo A tenha sido metade da prescrita no Protocolo B, assim como nos estudos de Usui *et al.* (2016) e Watanabe *et al.* (2013), os voluntários não eram instruídos a realizar movimentos explosivos, aspecto enfatizado nas pesquisas de González-Badillo *et al.* (2014) e Padulo *et al.* (2012). Considerando a expectativa de maior ativação muscular e produção de impulso ao se realizar movimentos balísticos (MAFFIULETTI *et al.*, 2016), este fator pode ter influenciado a ocorrência de adaptações neurais favoráveis ao aumento de 1RM nos estudos citados (GONZÁLES-BADILLO *et al.*, 2014; PADULO *et al.*, 2012), algo não observado na presente pesquisa. Em consonância com este raciocínio, a realização de

movimentos explosivos com pesos submáximos (30-70%1RM) tem sido uma prática frequente entre atletas levantadores de peso (*powerlifters*) que competem no exercício supino (SWINTON *et al.*, 2009), visando o aumento do desempenho de 1RM neste mesmo exercício. Entretanto, deve-se observar os estudos de Gonzáles-Badillo *et al.* (2014) e Padulo *et al.* (2012) foram realizados em períodos curtos (três a seis semanas). Portanto, considerando também o aumento das contribuições da hipertrofia muscular no desenvolvimento força máxima em períodos maiores de treinamento (ERSKINE *et al.*, 2014), a comparação entre as pesquisas citadas deve ser feita com cuidado. Embora realizado em um exercício diferente (flexão de cotovelo), os dados de Sampson e Groeller (2016) reforçam esta perspectiva, já que após 12 semanas de treinamento os protocolos realizados com movimentos balísticos apresentaram níveis de hipertrofia e força muscular (1RM e CIVM) similares a protocolos de maior duração da repetição.

Não deve ser também ignorada a expectativa de que um maior desenvolvimento de 1RM ocorreria para protocolos realizados com maior volume (PETERSON *et al.*, 2005; RHEA *et al.*, 2002; 2003), embora isso não tenha sido confirmado do presente estudo. Considerando que o aumento do volume é um dos aspectos associados ao aumento do TST (SCHOENFELD *et al.*, 2017), conforme já abordado anteriormente, é possível que a equiparação do TST realizada tenha proporcionado exigências similares aos protocolos de treinamento. Ainda é necessário um maior entendimento sobre mecanismos associados ao efeito do volume de treinamentos no aumento da força máxima.

Por fim, tem sido sugerido que o desempenho de 1RM é influenciado pela própria exposição repetida ou mesmo às condições de treinamento próximas ao teste (BUCKNER *et al.*, 2017). Portanto, adaptações específicas podem ser proporcionadas pela realização frequente de tarefas motoras que se aproximem à execução do teste de 1RM (BUCKTHORPE *et al.*, 2015), reduzindo assim, sua sensibilidade em detectar efeitos proporcionados pelo próprio protocolo de treinamento (BUCKNER *et al.*, 2017). Este aspecto deve ser levado em consideração, já que os voluntários dos Protocolos A e B realizaram vários testes de 1RM ao longo da presente pesquisa.

4.5 Alteração percentual da RF

De acordo com a hipótese 5 deste estudo, os grupos experimentais apresentariam alterações percentuais de RF maiores que o grupo Controle. Além disso, era também esperado que Protocolo A apresentasse desempenho superior em relação ao Protocolo B. Entretanto, não ocorreram diferenças no ganho percentual de RF dos protocolos, embora ambos tenham sido superiores que o grupo Controle.

Pesquisas que analisaram alterações no desempenho de RF na musculação têm apresentado resultados discrepantes. Essa inconsistência tem sido atribuída a diferentes fatores, como o protocolo de treinamento e a própria forma de avaliação da RF. Campos *et al.* (2002), por exemplo, detectaram ganhos de 90% da RF em protocolos de alto volume/baixa intensidade e reduções da RF de 20% em protocolos de baixo volume/alta intensidade. Anderson e Kearney (1982) também registraram aumentos na RF de 28% em protocolos de alto volume/baixa intensidade e reduções de 7% em protocolo baixo volume/alta intensidade. Já na pesquisa de Rana *et al.* (2008), foram verificados ganhos de RF de 2% a 72%, sendo os maiores aumentos observado nos protocolos alto volume/baixa intensidade. Nestes estudos a RF foi mensurada pelo maior número de repetições registrado em percentuais de 1RM obtidos no pré-teste e pós-teste, separados por um período de 6 a 9 semanas de treinamento. Ressalta-se que Anderson e Kearney (1982) também analisaram o impacto dos mesmos protocolos de treinamento, porém mensurando o número máximo de repetições executado com um mesmo peso do pré-teste. Neste caso, o protocolo de alto volume/baixa intensidade proporcionou ganhos de RF de 41%, enquanto o protocolo de baixo volume/alta intensidade promoveu ganhos de 24%. Em um estudo mais recente, Schoenfeld *et al.* (2016) utilizaram também o mesmo peso do pré-teste para avaliar o impacto de protocolos com diferentes intensidades e volumes na RF em indivíduos treinados, verificando ganhos de 20% a 25%, não sendo identificadas diferenças significantes entre os protocolos de treinamento. Considerando que o presente estudo foi realizado com sujeitos sem experiência recente de treinamento na musculação (> 6 meses) e a RF foi analisada a partir da mesma intensidade relativa no pré-teste e pós-teste, pode se dizer que os ganhos de RF aqui obtidos (49 a 29%, Protocolos A e B, respectivamente) foram inferiores aos ganhos máximos apresentados por Campos *et al.* (2002) e Rana *et al.* (2008), porém similares aos valores máximos apresentados por Anderson e Kearney (1982). Entretanto, nos dois primeiros estudos os voluntários foram submetidos a

três exercícios de membros inferiores (agachamento, *leg press* e banco extensor), enquanto que na pesquisa de Anderson e Kearney (1982) apenas o exercício supino foi realizado. Além de possíveis diferenças no ganho de RF entre exercícios, a realização de um número maior de séries por grupo muscular pode ter sido um fator importante para os percentuais superiores observados Campos *et al* (2002) e Rana *et al.* (2008). Essa possível explicação é reforçada pelos resultados do estudo de Radaelli *et al.* (2015), os quais demonstraram que o aumento do número de séries promoveu maiores ganhos de RF.

A expectativa da existência de diferenças na RF entre os Protocolos A e B foi atribuída à relevância dada ao volume de treinamento para o desenvolvimento da RF (ACSM, 2009). Conforme apresentado acima, comparações entre protocolos com diferentes volumes e intensidades (consequentemente TST) são frequentes na literatura (ANDERSON; KEARNEY, 1982; CAMPOS *et al.*, 2002; RANA *et al.*, 2008; SCHOEFNELD *et al.*, 2016), sendo resultados favoráveis para protocolos com maiores volumes e menores intensidades. Entretanto, na pesquisa de Rana *et al.* (2008) foram também comparados dois protocolos com intensidades próximas, porém com diferentes durações das repetições ($\cong 3$ s vs. $\cong 14$ s) e número de repetições (6-10 RM vs. 20-30 RM). Ao realizarem tal comparação, não foram encontradas diferenças na RF entre as duas situações experimentais. Embora não tenham sido disponibilizadas as durações das séries realizadas pelos voluntários desse estudo, é provável que os protocolos citados tenham promovido menores diferenças no TST quando comparados com protocolos executados com intensidades diferentes (ANDERSON; KEARNEY, 1982; CAMPOS *et al.*, 2002; SCHOEFNELD *et al.*, 2016). Portanto, a ausência de diferença entre os Protocolos A e B do presente estudo, associada aos resultados apresentados por Rana *et al.* (2008), indicam o TST como um importante componente do protocolo de treinamento para o desenvolvimento da RF. De fato, protocolos de treinamento com maior TST, porém equiparados pelo número de repetições, parecem provocar maiores respostas de síntese de proteína mitocondrial, sugerindo adaptações mais favoráveis à RF com o aumento da duração do estímulo (BURD *et al.*, 2012). Deve-se observar, entretanto, um aumento 20% superior da RF no Protocolo A quando comparado ao Protocolo B. Diferenças não significativas ($p > 0,05$) com magnitudes de aproximadamente 35% foram também detectadas no estudo de Rana *et al.* (2008) a favor do protocolo de maior volume. Considerando a alta variabilidade da resposta desta variável, seria interessante que estudos futuros analisassem melhor a questão.

5 CONCLUSÃO

Protocolos de treinamento executados no exercício supino com diferentes durações das repetições e números de repetições, porém equiparados pelo TST, provocaram respostas hipertróficas similares nos músculos peitoral maior e tríceps braquial, bem como aumentos semelhantes na CIVM, 1RM e resistência de força. Estes resultados indicam que as diferentes configurações do TST adotadas no presente estudo não afetaram os ganhos de força e massa muscular. Adicionalmente, a execução destes protocolos de treinamento no exercício supino guiado provocaram respostas hipertróficas não homogêneas ao longo do comprimento do músculo tríceps braquial, diferentemente do músculo peitoral maior, no qual tais alterações regionais da AST não foram observadas.

REFERÊNCIAS

AKAGI, R.; TOHDOH, Y.; HIRAYAMA, K.; KOBAYASHI, Y. Relationship of pectoralis major muscle size with bench press and bench throw performances. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.28, n.6, p.1778-1782, 2014.

ALEGRE L.; FERRI-MORALES, A.; RODRIGUEZ-CASARES, R.; AGUADO, X. Effects of isometric training on the knee extensor moment-angle relationship and vastus lateralis muscle architecture. **European Journal of Applied Physiology**, v.114, n.11, p. 2437-2446, 2014.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.41, p.687-708, 2009.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

ANDERSON, T.; KEARNEY, J.T. Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. **Research Quarterly**, v.53, p. 1-7, 1982.

ANTONIO, J. Nonuniform Response of Skeletal Muscle to Heavy Resistance Training: Can Bodybuilders Induce Regional Muscle Hypertrophy? **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.14, p.102–113, 2000.

AZIZI, E.; BRAINERD, E.; ROBERTS, T. Variable gearing in pennate muscles. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.105, n.5, p. 1745-1750, 2008.

BENTLEY, J.; AMONETTE, W.; DE WITT, J.; HAGAN, R. Effects of different lifting cadences on ground reaction forces during the squat exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.24, 1414-1420, 2010.

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

BLAZEVOICH, A.; GILL, N.; ZHOU, S. Intra- and intermuscular variation in human quadriceps femoris architecture assessed in vivo. **Journal of Anatomy**, v.209, p. 289-310, 2006.

BLOOMQUIST, K.; LANGBERG, H.; KARLSEN, S.; MADSGAARD, S.; BOESEN, M.; RAASTAD, T. Effect of range of motion in heavy load squatting on muscle and tendon adaptations. **European Journal of Applied Physiology**, v.113, p.2133-2142, 2013.

BROWN, L.E.; WEIR, J. P. ASEP Procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology online**, v.4, n.3, p.1-21, 2001.

BUCKNER, S.; JESSEE, M.; MATTOCKS, K.; MOUSER, J.; COUNTS, B.; DANKEL, S.; LOENNEKE, J. Determining Strength: A Case for Multiple Methods of Measurement. **Sports Medicine**, v.47, n.2, p.193-195, 2017.

BUCKTHORPE, M.; ERSKINE, R.; FLETCHER, G.; FOLLAND, J. Task-specific neural adaptations to isoinertial resistance training. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.25, n.5, p. 640-649, 2015.

BURD, N.A.; ANDREWS, R.J.; WEST, D.W.; LITTLE, J.P.; COCHRAN, A.J.; HECTOR, A.J.; CASHABACK, J.G.; GIBALA, M.J.; POTVIN, J.R.; BAKER, S.K.; PHILLIPS, S.M. Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. **Journal of Physiology**, v.590, n.2, p. 351-62, 2012.

CAMPOS, G.; LUECKE, T.; WENDELN, H.; TOMA, K.; HAGERMAN, F.; MURRAY, T.; RAGG, K.; RATAMESS, N.; KRAEMER, W.; STARON, R. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **European Journal of Applied Physiology**, v.88, p.50-60, 2002.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2nd. ed. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

CREWETHER, B.; CRONIN, J.; KEOGH, J. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute mechanical responses. **Sports Medicine**, v.35, n.11, p.967-989, 2005.

DAVIES, T.; KUANG, K.; ORR, R.; HALAKI, M.; HACKETT, D. Effect of Movement Velocity During Resistance Training on Dynamic Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, 2017. No prelo.

DINIZ, R.C.; MARTINS-COSTA, H.C.; MACHADO, S.C.; LIMA, F.V.; CHAGAS, M.H. Repetition duration influences ratings of perceived exertion. **Perceptual and Motor Skills**, v.118, n.1, p.261-273, 2014.

EARP, J.; KRAEMER, W.; CORMIE, P.; VOLEK, J.; MARESH, C.; JOSEPH, M.; NEWTON, R. Influence of muscle-tendon unit structure on rate of force development during the squat, countermovement, and drop jumps. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.24, p. 340-347, 2011.

EARP, J.E.; NEWTON, R.U.; CORMIE, P.; BLAZEVIK, 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.

EL-KHOURY, Georges Y.; MONTGOMERY, William J.; BERGMAN, Ronald A. **Anatomia seccional por RM e TC**. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

EMA, R.; WAKAHARA, T.; MIYAMOTO, N.; KANEHISA, H.; KAWAKAMI, Y. Inhomogeneous architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training. **European Journal of Applied Physiology**, v.113, n.11, p. 2691-2703, 2013.

ERSKINE, R.; FLETCHER, G.; FOLLAND, J. The contribution of muscle hypertrophy to strength changes following resistance training. **European Journal of Applied Physiology**, v.114, n.6, p. 1239-1249, 2014.

FIELD, A. P. **Discovering statistics using IBM SPSS statistics:** and sex and drugs and rock 'n' roll. 4th ed. Los Angeles: Sage, 2013.

FUNG, L.; WONG, B.; RAVICHANDIRAN, K.; AGUR, A.; RINDLISBACHER, T.; ELMARAGHY, A. Three-dimensional study of pectoralis major muscle and tendon architecture. **Clinical Anatomy**, v.22, n.4, p. 500-508, 2009.

FONSECA, R.; ROSCHEL, H.; TRICOLI, V.; DE SOUZA, E.; WILSON, J.; LAURENTINO, G.; AIHARA, A.; DE SOUZA LEÃO, A.; UGRINOWITSCH, C. Changes in exercises are more effective than in loading schemes to improve muscle strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.28, n.11, p.3085-3092, 2014.

FRANCHI, M.; ATHERTON, P.; REEVES, N.; FLÜCK, M.; WILLIAMS, J.; MITCHELL W.; SELBY, A.; BELTRAN-VALLS, R.; NARICI, M. Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. **Acta physiologica (Oxford, England)**, v.210, n.3, p.642-654, 2014.

FRITZ, C.; MORRIS, P.; RICHLER, J. Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 141, n. 1, p. 2-18, 2012.

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. **Pflügers Archiv: European journal of physiology**, v.467, n.6, p.1343-56, 2015.

GOMO, O.; VAN DEN TILLAAR, R. The effects of grip width on sticking region in bench press. **Journal of Sports Sciences**, v.34, n.3, p. 232-238, 2016.

GONZALEZ, A.; HOFFMAN, J.; STOUT, JR.; FUKUDA, D.; WILLOUGHBY, D. Intramuscular Anabolic Signaling and Endocrine Response Following Resistance Exercise: Implications for Muscle Hypertrophy. **Sports Medicine**, v.46, n.5, p.671-685, 2016.

GONZÁLEZ-BADILLO, J.; RODRÍGUEZ-ROSELL, D.; SÁNCHEZ-MEDINA, L.; GOROSTIAGA, E.; PAREJA-BLANCO, F. Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. **European Journal of Sports Sciences**, v.14, p. 772-781, 2014

GRAVES, J.; POLLOCK, M.; JONES, A.; COLVIN, A.; LEGGETT, S. Specificity of limited range of motion variable resistance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 21, n.1., p.84-89, 1989.

GRAVES, J.; POLLOCK, M.; LEGGETT, S.; CARPENTER, D.; FIX, C.; FULTON, M. Limited range-of-motion lumbar extension strength training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.24, n.1, p. 128-133, 1992.

HANDLING, M.; CURTIS, A.; MILLER, S. The origin of the long head of the triceps: a cadaveric study. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, v.19, n.1, p. 69-72, 2010.

HECKMAN, C.; ENOKA, R. Motor unit. **Comprehensive Physiology**, v.2, n.4, p. 2629-2682, 2012.

HEUCK, A.; STEINBORN, M.; ROHEN, J.; LUTJEN-DRECOLL, E. **Atlas de ressonância magnética do sistema musculoesquelético**. São Paulo: Manole, 2012.

HOUGLUM, P.; BERTOTI, D. **Cinesiologia Clínica de Brunnstrom**. Barueri, São Paulo: Manole, 2014.

HUNTER, S. K.; DUCHATEAU, J.; ENOKA, R. M. Muscle fatigue and the mechanisms of task failure. **Exercise and Sport Science Review**, v.32, p.44-49, 2004.

IZQUIERDO, M.; IBAÑEZ.; GONZÁLEZ-BADILLO, J.; HÄKKINEN, K.; RATAMESS, N.; KRAEMER, W.; FRENCH, D.; ESLAVA, J.; ALTADILL, A.; ASIAIN, X.; GOROSTIAGA, EM Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. **Journal of Applied Physiology**, v.100, n.5, p. 1647-1656, 2006.

KANEHISA, H.; NAGAREDA, H.; KAWAKAMI, Y.; AKIMA, H.; MASANI, K.; KOUZAKI, M.; FUKUNAGA, T. Effects of equivolume isometric training programs comprising medium or high resistance on muscle size and strength. **European Journal of Applied Physiology**, v.87, n.2. p. 112-119, 2002.

KAWAKAMI, Y.; ABE, T.; KUNO, S.; FUKUNAGA, T. Training-induced changes in muscle architecture and specific tension. **European Journal of Applied Physiology**, v.72, p.37-43, 1995.

KAWAKAMI, Y.; ABE, T.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Human skeletal muscle size and architecture: variability and interdependence. **American Journal of Human Biology**, v.18, 845-848, 2006.

KOMPF, J.; ARANDJELOVIĆ, O. Understanding and Overcoming the Sticking Point in Resistance Exercise. **Sports Medicine**, v.46, n.6, p. 751-762, 2016.

KOMPF, J.; ARANDJELOVIĆ, O. The Sticking Point in the Bench Press, the Squat, and the Deadlift: Similarities and Differences, and Their Significance for Research and Practice. **Sports Medicine**, v.47, n.4, p.631-640, 2017.

KRIEGER J.W. Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.24, n.4, p.1150-1159, 2010;

KUBO, K.; OHGO, K.; TAKEISHI, R.; YOSHINAGA, K.; TSUNODA, N.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Effects of isometric training at different knee angles on the muscle-tendon complex in vivo. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.16, n.3, p. 159-67, 2006.

LACERDA, L.; MARTINS-COSTA, H.; DINIZ, R.; LIMA, F.; ANDRADE, A.; TOURINO, F.; BEMBEN, M.; CHAGAS, M. Variations in Repetition Duration, and Repetition Numbers

Influence Muscular Activation and Blood Lactate Response in Protocols Equalized by Time Under Tension. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.30, 251-258, 2016.

LANDIN, D.; THOMPSON, M. The shoulder extension function of the triceps brachii. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.21, n.1., p.161-165, 2011.

LOENNEKE J.P.; FAHS, C.A.; WILSON, J.M.; BEMBEN, M.G. Blood flow restriction: the metabolite/volume threshold theory. **Medical Hypotheses**, v.77, n.5, p.-748-52, 2011.

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

MANGINE, G.; HOFFMAN, J.; GONZALEZ, A.; FUKUDA, D.; RATAMESS, N.; STOUT, JR. The effect of training volume and intensity on improvements in muscular strength and size in resistance-trained men. **Physiological reports**, v.3, n.8, 2015.

MARTINEAU, L.; GARDINER, P. Insight into skeletal muscle mechanotransduction: MAPK activation is quantitatively related to tension. **Journal of Applied Physiology**, v.91, n.2, p.693-702, 2001

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

MATTA, T.; SIMÃO, R.; DE SALLES, B.; SPINETI, J.; OLIVEIRA, L. Strength training's chronic effects on muscle architecture parameters of different arm sites. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.25, n.6, p. 1711-7, 2011.

MCMAHON, G.; MORSE, C.; BURDEN, A.; WINWOOD, K.; ONAMBÉLÉ, G. Muscular adaptations and insulin-like growth factor-1 responses to resistance training are stretch-mediated. **Muscle and Nerve**, v.49, n.1, p.108-19, 2014a.

MCMAHON, G.; MORSE, C.; BURDEN, A.; WINWOOD, K.; ONAMBÉLÉ, G. Impact of range of motion during ecologically valid resistance training protocols on muscle size, subcutaneous fat, and strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.28, n.1, p.245-55, 2014b.

MCMASTER, D.; GILL, N.; CRONIN, J.; MCGUIGAN, M. A brief review of strength and ballistic assessment methodologies in sport. **Sports Medicine**, v.44, n.5, p. 603-23, 2014.

MITCHELL, C.; CHURCHWARD-VENNE, T.; WEST, D.; BURD, N.; BREEN, L.; BAKER, S.; PHILLIPS, S. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **Journal of Applied Physiology**, v.113, n.1, p.71-77, 2012.

MIYAMOTO, N.; WAKAHARA, T.; EMA, R.; KAWAKAMI, Y. Non-uniform muscle oxygenation despite uniform neuromuscular activity within the vastus lateralis during fatiguing heavy resistance exercise. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v.33, n.6, p. 463-9, 2013.

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. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.26, n.1, p.269-75, 2012.

MORTON, R.; OIKAWA, S.; WAVELL, C.; MAZARA, N.; MCGLORY, C.; QUADRILATERO, J.; BAECHLER, B.; BAKER, S.; PHILLIPS, S. Neither load nor systemic hormones determine resistance training-mediated hypertrophy or strength gains in resistance-trained young men. **Journal of Applied Physiology**, v.121, n.1, p. 129-38, 2016.

NICHOLSON G, ISPOGLOU T, BISSAS A. The impact of repetition mechanics on the adaptations resulting from strength-, hypertrophy- and cluster-type resistance training. **European Journal of Applied Physiology**, v.116, n.10, p. 1875-88, 2016.

NOORKÕIV, M.; NOSAKA, K.; BLAZEVIČH, A. Neuromuscular adaptations associated with knee joint angle-specific force change. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.46, n.8, p. 1525-37, 2014.

NOORKÕIV M, NOSAKA K, BLAZEVIČH AJ. Effects of isometric quadriceps strength training at different muscle lengths on dynamic torque production, **Journal of Sports Sciences**, v.33, n.18, p. 1952-61, 2015.

OGASAWARA, R; YASUDA, T.; SAKAMAKI, M.; OZAKI, H.; ABE, T. Effects of periodic and continued resistance training on muscle CSA and strength in previously untrained men. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v.31, n.5, p.399-404, 2011.

OGASAWARA R, THIEBAUD RS, LOENNEKE JP, LOFTIN M, ABE T. Time course for arm and chest muscle thickness changes following bench press training. **Interventional Medicine and Applied Science**, v.4, n.4, p.217-220, 2012.

OGASAWARA, R.; YASUDA, T.; ISHII, N.; ABE, T. Comparison of muscle hypertrophy following 6-month of continuous and periodic strength training. **European Journal of Applied Physiology**, v.113, n.4, p.975-985, 2013

PADULO, J.; MIGNOGNA, P.; MIGNARDI, S.; TONNI, F.; D'OTTAVIO, S. Effect of different pushing speeds on bench press. **International Journal of Sports Medicine**, v.33, n.5, p. 376-80, 2012.

PELZER T, ULLRICH B, PFEIFFER M. Periodization effects during short-term resistance training with equated exercise variables in females. **European Journal of Applied Physiology**, v.117, n.3, p.441-454, 2017.

PETERSON, M. RHEA, M.; ALVAR, B. Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.19, n.4, p. 950-8, 2005.

PETERSON, M.; SEN, A.; GORDON, P. Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: a meta-analysis. **Medicine and Science in Sports an Exercise**, v.43, n.2, p. 249-258, 2011.

PINTO, R.; CADORE, E.; CORREA, C.; CORDEIRO DA SILVA, BR.; ALBERTON, C.; LIMA, CLÁUDIA, S.; DE MORAES, A. Relationship between workload and neuromuscular activity in the bench press exercise. **Medicina Sportiva**, v.17, p.1-7, 2013.

POPOV, D.; TSVIRKUN, D.; NETREBA, A.; VINOGRADOVA, OL. Hormonal adaptation determines the increase in muscle mass and strength during low-intensity strength training without relaxation. **Human Physiology**, v. 32, p. 609–614, 2006.

PORTNEY, L.G.; WATKINS, M.P. **Foundations of clinical research: applications to practice**. 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2008. 891p.

RADAELLI, R.; FLECK, S.; LEITE, T.; LEITE, R.; PINTO R.; FERNANDES, L.; SIMÃO, R. Dose-response of 1, 3, and 5 sets of resistance exercise on strength, local muscular endurance, and hypertrophy. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.29, n.5, p. 1349-58, 2015.

RANA, S.; CHLEBOUN, G.; GILDERS, R.; HAGERMAN, F.; HERMAN.; STARON, R.; TOMA, K. Comparison of early phase adaptations for traditional strength and endurance, and low velocity resistance training programs in college-aged women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, p.119-27, 2008.

RATAMESS, N.; BELLER, N.; GONZALEZ, A.; SPATZ, G.; HOFFMAN, J.; ROSS, R.; FAIGENBAUM, A.; KANG, J. The Effects of Multiple-Joint Isokinetic Resistance Training on Maximal Isokinetic and Dynamic Muscle Strength and Local Muscular Endurance. **Journal of Sports Science and Medicine**, v.23, n.15, p. 34-40, 2016.

RHEA, M.; ALVAR, B.; BURKETT, L. Single versus multiple sets for strength: a meta-analysis to address the controversy. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.73, n.4, 485-8, 2002.

RHEA, M.; ALVAR, B.; BURKETT, L.; BALL, S. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. **Medicine and Science in Sports an Exercise**, v.35, n.3, p. 456-64, 2003.

RIBEIRO, A.; SCHOENFELD, B.; SARDINHA, L. Comment on: "A Review of the Acute Effects and Long-Term Adaptations of Single- and Multi-Joint Exercises During Resistance Training". **Sports Medicine**, v.47, n.4, p. 791-793, 2017.

SAKAMOTO A, SINCLAIR PJ. Muscle activations under varying lifting speeds and intensities during bench press. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, n.3, p. 1015-25, 2012.

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.

SAMPSON, J.A.; GROELLER, H. Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength? **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.24, n.4, p. 375-83, 2016

SCHOENFELD, B. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Medicine**, v.43, n.3, p. 179-94, 2013a.

SCHOENFELD B.J. Is there a minimum intensity threshold for resistance training induced hypertrophic adaptations? **Sports Medicine**, v.43, p.1279-1288, 2013b.

SCHOENFELD, B.; RATAMESS, N.; PETERSON, M.; CONTRERAS, B.; SONMEZ, G.; ALVAR, B. Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.28, n.10, p. 2909-18, 2014.

SCHOENFELD, B.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v.45, n.4, p. 577-85, 2015a.

SCHOENFELD, B.; PETERSON, M.; OGBORN, D.; CONTRERAS, B.; SONMEZ, G. Effects of Low- vs. High-Load Resistance Training on Muscle Strength and Hypertrophy in Well-Trained Men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v 29, n.10, p. 2954-63, 2015b.

SCHOENFELD, B.; CONTRERAS, B.; VIGOTSKY, A.; PETERSON, M. Differential Effects of Heavy Versus Moderate Loads on Measures of Strength and Hypertrophy in Resistance-Trained Men **Journal of Sports Science and Medicine**, v.15, n.4, p. 715-722, 2016.

SCHOENFELD, B.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, v.35, n.11, p.1073-1082, 2017.

SCHUENKE, M.D.; HERMAN, J.; GLIDERS, R.; HAGERMAN, F.; HIKIDA, R.; RANA, S.; RAGG, K.; STARON, R. Early-phase muscular adaptations in response to slow-speed versus traditional resistance-training regimens. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, n.10, p. 3585-95, 2012.

SMILIOS, I.; HÄKKINEN, K.; TOKMAKIDIS, S. Power output and electromyographic activity during and after a moderate load muscular endurance session. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.24, n.8, p.2122-2131, 2010

SMITH, R.; RUTHERFORD, O. The role of metabolites in strength training. I. A comparison of eccentric and concentric contractions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 71, n.4, p. 332-6, 1995.

SPIERING, B.A.; KRAEMER, W.J.; ANDERSON, J.M.; ARMSTRONG, L.E.; NINDL, B.C.; VOLEK, J.S.; MARESH, C.M. Resistance exercise biology. Manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. **Sports Medicine**, v.38, n.7, p.527-540, 2008.

STARKEY, D.; POLLOCK, M.; ISHIDA, Y.; WELSCH, M.; BRECHUE, W.; GRAVES, J.; FEIGENBAUM, M. Effect of resistance training volume on strength and muscle thickness. **Medicine and Science in Sports an Exercise**, v.28, n.10, p. 1311-20, 1996.

SUGA, T.; OKITA, K.; MORITA, N.; YOKOTA, T.; HIRABAYASHI, K.; HORIUCHI, M.; TAKADA, S.; TAKAHASHI, T.; OMOKAWA, M.; KINUGAWA, S.; TSUTSUI, H. Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. **Journal of Applied Physiology**, v.106, n.4, p.1119-24, 2009.

SUGA, T.; OKITA, K.; TAKADA, S.; OMOKAWA, M.; KADOGUCHI, T.; YOKOTA, T.; HIRABAYASHI, K.; TAKAHASHI, M.; MORITA, N.; HORIUCHI, M.; KINUGAWA, S.; TSUTSUI, H. Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, n.11, p. 3915-20, 2012.

SUZUKI, H.; CONWIT, R.; STASHUK, D.; SANTARSIERO, L.; METTER, E.; Relationships between surface-detected EMG signals and motor unit activation. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v.34, p. 1509-1517, 2002.

SWINTON PA, LLOYD R, AGOURIS I, STEWART A. Contemporary training practices in elite British powerlifters: survey results from an international competition. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, n.2, p. 380-4, 2009.

TAKADA, S.; OKITA, K.; SUGA, T.; OMOKAWA, M.; KADOGUCHI, T.; SATO, T.; TAKAHASHI, M.; YOKOTA, T.; HIRABAYASHI, K.; MORITA, N.; HORIUCHI, M.; KINUGAWA, S.; TSUTSUI, H. Low-intensity exercise can increase muscle mass and strength proportionally to enhanced metabolic stress under ischemic conditions. **Journal of Applied Physiology**, v.113, p.199-205, 2012.

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.

TANIMOTO, M.; SANADA, K.; YAMAMOTO, K.; KAWANO, H.; GANDO, Y.; TABATA, I.; ISHII, N.; MIYACHI, M. Effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.22, p. 1926-1938, 2008.

TERZIS, G.; SPENGOS, K.; MANTA, P.; SARRIS, N.; GEORGIADIS, G. Fiber type composition and capillary density in relation to submaximal number of repetitions in resistance exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.22, n.3, p. 845-50, 2008.

THÉPAUT-MATHIEU, C.; VAN HOECKE, J.; MATON, B. Myoelectrical and mechanical changes linked to length specificity during isometric training. **Journal of Applied Physiology**, v.64, n.4, p.1500-5, 1988.

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

TRAN, Q.T.; DOCHERTY, D. Dynamic training volume: A construct of both time under tension and volume load. **Journal of Sports Science and Medicine**, v.5, p. 707-703, 2006.

USUI, S.; MAEO, S.; TAYASHIKI, K.; NAKATANI, M.; KANEHISA, H. Low-load Slow Movement Squat Training Increases Muscle Size and Strength but Not Power. **International Journal of Sports Medicine**, v.37, n.4, p. 305-12, 2016.

VAN DEN TILLAAR, R.; SAETERBAKKEN, A.; ETTEMA, G. Is the occurrence of the sticking region the result of diminishing potentiation in bench press? **Journal of Sports Sciences**, v.30, p.591-599, 2012.

VIGOTSKY AD, BEARDSLEY C, CONTRERAS B, STEELE J, OGBORN D, PHILLIPS SM. Greater electromyographic responses do not imply greater motor unit recruitment and 'hypertrophic potential' cannot be inferred. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2017. No prelo.

VILA-CHÃ C, FALLA D, FARINA D. Motor unit behavior during submaximal contractions following six weeks of either endurance or strength training. **Journal of Applied Physiology**, (1985). v.109, n.5, p.1455-66, Nov., 2010.

WAKAHARA, T.; MIYAMOTO, N.; SUGISAKI, N.; MURATA, K.; KANEHISA, H.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T.; YANAI, T. Association between regional differences in muscle activation in one session of resistance exercise and in muscle hypertrophy after resistance training. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, p.1569-1576, 2012.

WAKAHARA, T.; FUKUTANI, A.; KAWAKAMI, Y.; YANAI, T. Nonuniform muscle hypertrophy: its relation to muscle activation in training session. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.45, n.11, p.2158-2165, 2013a.

WAKAHARA, T.; KANEHISA, H.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T.; YANAI, T. Relationship between muscle architecture and joint performance during concentric contractions in humans. **Journal of Applied Biomechanics**, v.29, n.4, p.405-12, 2013b.

WAKAHARA, T.; EMA, R.; MIYAMOTO, N.; KAWAKAMI, Y. Inter- and intramuscular differences in training-induced hypertrophy of the quadriceps femoris: association with muscle activation during the first training session. **Clinical Physiology and Functional Imaging**. 2015. No prelo.

WALKER, S.; DAVIS, L.; AVELA, J.; HÄKKINEN, K. Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.22, p. 356-362, 2012.

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, p.71-84, 2013.

WATANABE, Y.; MADARAME, H.; OGASAWARA, R.; NAKAZATO, K.; ISHII, N. Effect of very low-intensity resistance training with slow movement on muscle size and strength in healthy older adults. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v.34, p.463-470, 2014.

WEIR, J.; HOUSH, T.; WEIR, L.; JOHNSON, G. Effects of unilateral isometric strength training on joint angle specificity and cross-training. **European Journal of Applied Physiology**, v.70, n.4, p. 337-43, 1995.

WEIR, J.P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.19, n.1, p. 231-240, 2005.

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

WEST, D.; BURD, N.; STAPLES, A.; PHILLIPS, S.M. Human exercise-mediated skeletal muscle hypertrophy is an intrinsic process. **International Journal of Biochemistry and Cell Biology**, v.42, n.9, p.1371-1375, 2010.

YASUDA, T.; FUJITA, S.; OGASAWARA, R.; SATO, Y.; ABE, T. Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v.30, p.338-343, 2010.

YASUDA, T.; OGASAWARA, R.; SAKAMAKI, M.; BEMBEN, M.; ABE, T. Relationship between limb and trunk muscle hypertrophy following high-intensity resistance training and blood flow-restricted low-intensity resistance training. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v.31, n.5, p.347-51, 2011.

YASUDA, T.; FUKUMURA, K.; FUKUDA, T.; UCHIDA, Y.; IIDA, H.; MEGURO, M.; SATO, Y.; YAMASOBA, T.; NAKAJIMA, T. Muscle size and arterial stiffness after blood flow-restricted low-intensity resistance training in older adults. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 24, p. 799-806, 2014a.

YASUDA, T.; FUKUMURA, K.; SATO, Y.; YAMASOBA, T.; NAKAJIMA, T. Effects of detraining after blood flow-restricted low-intensity training on muscle size and strength in older adults. **Aging Clinical and Experimental Research**, v.26, p.561-564, 2014b.

YASUDA, T.; LOENNEKE, J.; OGASAWARA, R.; ABE, T. Effects of short-term detraining following blood flow restricted low-intensity training on muscle size and strength. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v.35, p.71-75, 2015.

YOUNG, K.; MCDONAGH, M.; DAVIES, C. The effects of two forms of isometric training on the mechanical properties of the triceps surae in man. **Pflügers Archiv: European journal of physiology**, v.405, n.4, p. 384-8, 1985.

YOUNG, K.; HAFF, G.; NEWTON, R.; SHEPPARD, J. Reliability of a novel testing protocol to assess upper-body strength qualities in elite athletes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.9, n.5, p.871-5, 2014.

YUE, G.; ALEXANDER, A.; LAIDLAW, D.; GMITRO, A.; UNGER, E.; ENOKA, R. Sensitivity of muscle proton spin-spin relaxation time as an index of muscle activation. **Journal of Applied Physiology**, v. 77, p.84-92, 1994.

APÊNDICE A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Venho, por meio deste convidá-lo a participar da pesquisa intitulada "RESPOSTA HIPERTRÓFICA MUSCULAR E DESEMPENHO DE FORÇA RESULTANTE DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE TREINAMENTO EQUIPARADOS PELO TEMPO SOB TENSÃO" que será realizada no Laboratório do Treinamento na Musculação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG sob responsabilidade dos pesquisadores Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas (Orientador) e Hugo Cesar Martins Costa (Doutorando).

A pesquisa consistirá na realização de 30 sessões de treinamento na musculação, que serão executadas com uma frequência de três vezes na semana. Buscar-se-á analisar o efeito de diferentes protocolos de treinamento durante esse período, avaliando o aumento da força muscular de membros superiores e também o aumento da massa muscular envolvida no exercício escolhido (supino guiado). Para que seja possível realizar tais avaliações, será necessário que você seja submetido a testes de força máxima no exercício supino guiado e a ressonâncias magnéticas na primeira, sexta e décima segunda semanas de treinamento.

A justificativa da realização deste estudo está associada à possibilidade de entender melhor a estruturação de programas de treinamento na musculação, repercutindo na qualidade da elaboração desse tipo de treinamento tanto para pessoas que o procuraram para fins esportivos quanto para a própria saúde. Sua participação colaborará para que se atinja tal objetivo. Além disso, você se beneficiará da realização de um programa de exercícios orientado por profissionais de Educação Física.

Deve-se também salientar que sua participação poderá ocorrer tanto nos grupos experimentais, que realizam os protocolos de treinamento, quanto no grupo controle. Neste último caso, você será apenas submetido aos testes de força máxima e às ressonâncias magnéticas nos mesmos períodos já mencionados acima.

Por se tratar de uma pesquisa que realizará protocolos de treinamento de força na musculação, há risco de ocorrência de lesões musculoesqueléticas e traumatismos. Estes riscos são similares ao de uma prática convencional de exercícios de força na musculação. Considerando que tais práticas serão supervisionadas, a ocorrência de problemas se torna ainda mais reduzida. Em relação às coletas de sangue, há a existência de risco de ocorrer hematomas. Estes eventos ocorrem em baixa frequência em condições controladas e quando realizadas por pessoas capacitadas. Caso ocorram efeitos adversos durante a punção venosa ou algum trauma/lesão decorrente de realização dos protocolos de treinamento, os pesquisadores levarão o voluntário, em carro próprio, para o serviço de pronto atendimento da Universidade Federal de Minas Gerais ou acionarão o Serviço Médico de Atendimento de Urgência (SAMU).

Será garantido o anonimato dos voluntários e os dados obtidos serão utilizados exclusivamente para fins de pesquisa pelo Laboratório do Treinamento na Musculação. Os seus dados serão disponibilizados para você ao final da pesquisa. Além disso, você também poderá se recusar a participar desse estudo ou abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar justificar-se e sem gerar qualquer constrangimento ou transtorno.

Destacamos que não está prevista qualquer forma de remuneração para participar do estudo. Além disso, todas as despesas especificamente relacionadas à pesquisa são de responsabilidade do Laboratório do Treinamento na Musculação. Por fim, os pesquisadores podem decidir sobre a

exclusão de qualquer voluntário do estudo por razões científicas, sobre as quais os mesmos serão devidamente informados.

Você dispõe de total liberdade para esclarecer as questões que possam surgir durante a pesquisa. Para qualquer dúvida referente aos aspectos éticos que envolvem a sua participação nessa pesquisa, por favor, entre em contato com os pesquisadores responsáveis pelo estudo: Dr. Mauro Heleno Chagas, tel. 3409-2334 e Hugo Cesar Martins Costa, tel. 3464 94374 / 9166 8418 ou com o Comitê de Ética em Pesquisa: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar, sl. 2005 cep. 31270901 - BH/MG; tel.: 34094592; email: *coep@prpq.ufmg.br*.

Após ter todas as suas dúvidas esclarecidas pelos pesquisadores responsáveis, se você concordar em participar dessa pesquisa, você deverá assinar este termo em duas vias, sendo que uma via permanecerá com você e outra será destinada aos pesquisadores responsáveis.

CONSENTIMENTO

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito de todos os dados que li e concordo, voluntariamente, em participar do estudo “RESPOSTA HIPERTRÓFICA MUSCULAR E DESEMPENHO DE FORÇA RESULTANTE DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE TREINAMENTO EQUIPARADOS PELO TEMPO SOB TENSÃO”, que será realizado no Laboratório do Treinamento na Musculação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais. Além disso, estou ciente de que posso me recusar a participar deste estudo e/ou abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar me justificar e sem que isso seja motivo de qualquer tipo de constrangimento para mim.

Belo Horizonte ____ de _____ de 20__

Assinatura do voluntário: _____

Nome do voluntário: _____

Declaro que expliquei os objetivos deste estudo para o voluntário, dentro dos limites dos meus conhecimentos científicos.

Hugo Cesar Martins Costa

Doutorando em Ciências do Esporte – EEEFTO/ UFMG

APÊNDICE B: Lista de tabelas de dados absolutos do estudo

Tabela A – Somatório das áreas de secção transversa do músculo peitoral maior (cm²)

Tempo	Grupos								
	Protocolo A			Protocolo B			Controle		
Pré-teste *	81,4	±	17,8	80,9	±	17,4	84,7	±	10,2
Pós-teste	104,7	±	24,8	98,4	±	19,3	84,4	±	10,6

Legenda: Protocolo A – 12 repetições, 3s; Protocolo B – 6 repetições, 6s; valores apresentados em média ± desvio padrão. * Sem diferença entre os grupos no pré-teste (ANOVA *one way*: $F_{2; 30} = 0,20$; $p = 0,819$; $\eta^2 = 0,013$).

Fonte: elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

Tabela B – Área de secção transversa do músculo peitoral maior em diferentes regiões musculares (cm²)

Região muscular	Tempo	Grupos								
		Protocolo A		Protocolo B		Controle				
20%	Pré-teste *	23,2	±	5,2	21,9	±	4,0	25,5	±	4,1
	Pós-teste	29,6	±	7,8	27,4	±	5,8	25,4	±	3,9
50%	Pré-teste #	30,0	±	6,7	29,0	±	4,7	28,9	±	3,6
	Pós-teste	38,5	±	10,4	35,9	±	6,8	29,4	±	3,1
80%	Pré-teste &	28,3	±	8,2	30,0	±	9,9	30,4	±	5,9
	Pós-teste	36,7	±	10,5	35,1	±	8,0	29,5	±	6,7

Legenda: Protocolo A – 12 repetições, 3s; Protocolo B – 6 repetições, 6s; valores apresentados em média ± desvio padrão. * Sem diferença entre os grupos no pré-teste, região muscular 20% (ANOVA *one way*: $F_{2; 30} = 1,81$; $p = 0,180$; $\eta^2 = 0,108$). # Sem diferença entre os grupos no pré-teste, região muscular 50% (ANOVA *one way*: $F_{2; 30} = 0,14$; $p = 0,870$; $\eta^2 = 0,009$). & Sem diferença entre os grupos no pré-teste, região muscular 80% (ANOVA *one way*: $F_{2; 30} = 0,21$; $p = 0,807$; $\eta^2 = 0,014$).

Fonte: elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

Tabela C – Somatório das áreas de secção transversa do músculo tríceps braquial (cm²)

Tempo	Grupos								
	Protocolo A			Protocolo B			Controle		
Pré-teste *	57,5	±	9,4	60,8	±	13,7	57,6	±	7,8
Pós-teste	65,3,8	±	11,2	67,3	±	15,1	58,2	±	7,9

Legenda: Protocolo A – 12 repetições, 3s; Protocolo B – 6 repetições, 6s; valores apresentados em média ± desvio padrão. * Sem diferença entre os grupos no pré-teste (ANOVA *one way*: $F_{2; 30} = 0,35$; $p = 0,704$; $\eta^2 = 0,023$).

Fonte: elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

Tabela D – Área de secção transversa do músculo tríceps braquial em diferentes regiões musculares (cm²)

Região muscular	Tempo	Grupos								
		Protocolo A			Protocolo B			Controle		
20%	Pré-teste *	12,8	±	2,2	13,3	±	4,6	12,7	±	1,9
	Pós-teste	13,9	±	3,1	14,0	±	4,6	12,7	±	2,8
50%	Pré-teste #	28,9	±	5,2	30,1	±	6,3	28,7	±	5,2
	Pós-teste	32,3	±	6,2	32,4	±	6,7	28,5	±	5,0
80%	Pré-teste &	15,8	±	3,4	17,5	±	4,5	16,2	±	2,7
	Pós-teste	19,1	±	3,9	20,8	±	5,8	17,0	±	2,7

Legenda: Protocolo A – 12 repetições, 3s; Protocolo B – 6 repetições, 6s; valores apresentados em média ± desvio padrão. * Sem diferença entre os grupos no pré-teste, região muscular 20% (ANOVA *one way*: $F_{2; 30} = 0,91$; $p = 0,914$; $\eta^2 = 0,006$). # Sem diferença entre os grupos no pré-teste, região muscular 50% (ANOVA *one way*: $F_{2; 30} = 0,21$; $p = 0,812$; $\eta^2 = 0,014$). & Sem diferença entre os grupos no pré-teste, região muscular 80% (ANOVA *one way*: $F_{2; 30} = 0,65$; $p = 0,530$; $\eta^2 = 0,041$).

Fonte: elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

Tabela E – Desempenho de força (N) no teste de contração isométrica voluntária máxima realizado em diferentes amplitudes de movimento

Amplitude de movimento (ADM)	Tempo	Grupos		
		Protocolo A	Protocolo B	Controle
10%	Pré-teste *	641,8 ± 114,8	642,6 ± 124,9	615,5 ± 87,4
	Pós-teste	731,0 ± 155,5	733,1 ± 153,3	596,6 ± 91,8
50%	Pré-teste #	751,3 ± 138,7	770,6 ± 172,2	737,6 ± 129,3
	Pós-teste	909,0 ± 195,9	916,1 ± 221,4	727,6 ± 133,1
90%	Pré-teste &	1300,0 ± 295,4	1244,9 ± 248,9	1301,5 ± 264,5
	Pós-teste	1480,3 ± 340,1	1514,1 ± 305,3	1279,0 ± 235,8

Legenda: Protocolo A – 12 repetições, 3s; Protocolo B – 6 repetições, 6s; valores apresentados em média ± desvio padrão. * Sem diferença entre os grupos no pré-teste, ADM 10% (ANOVA *one way*: $F_{2; 30} = 0,22$; $p = 0,808$; $\eta^2 = 0,014$). # Sem diferença entre os grupos no pré-teste, ADM 50% (ANOVA *one way*: $F_{2; 30} = 0,14$; $p = 0,871$; $\eta^2 = 0,009$). & Sem diferença entre os grupos no pré-teste, ADM 90% (ANOVA *one way*: $F_{2; 30} = 0,16$; $p = 0,856$; $\eta^2 = 0,010$).

Fonte: elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

Tabela F – Desempenho de força no teste de 1RM (kg)

Tempo	Grupos		
	Protocolo A	Protocolo B	Controle
Pré-teste *	60,4 ± 12,4	60,9 ± 12,7	60,2 ± 9,6
Pós-teste	74,5 ± 15,3	74,4 ± 15,7	60,1 ± 8,8

Legenda: Protocolo A – 12 repetições, 3s; Protocolo B – 6 repetições, 6s; valores apresentados em média ± desvio padrão. 1RM – Teste de uma repetição máxima. * Sem diferença entre os grupos no pré-teste (ANOVA *one way*: $F_{2; 30} = 0,11$; $p = 0,989$; $\eta^2 = 0,001$).

Fonte: elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

Tabela G – Desempenho de teste de resistência de força (número de repetições realizadas a 70% 1RM)

Tempo	Grupos								
	Protocolo A			Protocolo B			Controle		
Pré-teste *	9,0	±	1,9	9,6	±	2,3	10,7	±	2,1
Pós-teste	12,5	±	1,8	11,8	±	1,0	10,7	±	2,0

Legenda: Protocolo A – 12 repetições, 3s; Protocolo B – 6 repetições, 6s; valores apresentados em média ± desvio padrão. 1RM – Teste de uma repetição máxima. * Sem diferença entre os grupos no pré-teste (ANOVA *one way*: $F_{2; 30} = 1,84$; $p = 0,176$; $\eta^2 = 0,109$).

Fonte: elaborado pelo autor (dados da pesquisa)

ANEXO A: Parecer consubstanciado do Comitê de Ética

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Resposta hipertrófica muscular resultante de diferentes protocolos com a mesma intensidade e tempo sob tensão

Pesquisador: Mauro Heleno Chagas

Área Temática:

Versão:

CAAE: 30594614.0.0000.5149

Instituição Proponente: PRO REITORIA DE PESQUISA

Patrocinador Principal: Universidade Federal de Minas Gerais

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 648.458

Data da Relatoria: 14/05/2014

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Presentes: Projeto plataforma Brasil, projeto original, folha de rosto com assinaturas do pesquisador e do diretor da Escola de Educação Física da UFMG, TCLE, parecer consubstanciado aprovado em reunião do Câmara e com assinatura do chefe do departamento de Esportes, termo de compromisso do pesquisador principal.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sou favorável à aprovação do projeto de pesquisa.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Aprovado conforme parecer.

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad SI 2005

Bairro: Unidade Administrativa II

CEP: 31.270-901

UF: MG

Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br