

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

Bruno de Freitas Rodrigues

**RESPOSTAS DE INCHAÇO MUSCULAR E ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA  
PROMOVIDAS PELO TREINAMENTO DE FORÇA REALIZADO ATÉ A FALHA  
MUSCULAR E NÃO FALHA MUSCULAR COM DIFERENTES NÚMEROS DE  
REPETIÇÕES**

Belo Horizonte

2024

Bruno de Freitas Rodrigues

**RESPOSTAS DE INCHAÇO MUSCULAR E ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA  
PROMOVIDAS PELO TREINAMENTO DE FORÇA REALIZADO ATÉ A FALHA  
MUSCULAR E NÃO FALHA MUSCULAR COM DIFERENTES NÚMEROS DE  
REPETIÇÕES**

Dissertação apresentada 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 para obtenção do título de mestre em ciências do esporte.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz.

Belo Horizonte

2024

R696r Rodrigues, Bruno de Freitas  
2024 Respostas de inchaço muscular e atividade eletromiográfica promovidas pelo treinamento de força realizado até a falha muscular e não falha muscular com diferentes números de repetições. [manuscrito] / Bruno de Freitas Rodrigues – 2024.

60 f.: il.

Orientador: Rodrigo César Ribeiro Diniz

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 51-55

1. Musculação – Teses. 2. Eletromiografia – Teses. 3. Exercícios físicos – aspectos fisiológicos – Teses. I. Diniz, Rodrigo César Ribeiro. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 796.015.52

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Danilo Francisco de Souza Lage, CRB 6: n° 3132, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO ESPORTE

## ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

**BRUNO DE FREITAS RODRIGUES**

Às **09:00 horas** do dia **19 de agosto de 2024**, a comissão examinadora, indicada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte, reuniu-se no Auditório Maria Lúcia Paixão da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, para julgar, em exame final, a dissertação intitulada "**Respostas de inchaço muscular e atividade eletromiográfica promovidas pelo treinamento de força realizado até a falha muscular e não falha muscular com diferentes números de repetições**". Abrindo a sessão, o presidente da comissão, Prof. Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz (UFMG), orientador, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares de Defesa do Trabalho Final, passou a palavra para o candidato, que realizou a apresentação da sua dissertação. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado.

Prof. Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz (UFMG orientador)

Prof. Dr. Christian Emmanuel Torres Cabido (UFMA)

Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas (UFMG)

Após as indicações, o candidato foi considerado: **APROVADO**.

Nada mais havendo a tratar, eu, Prof. Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz, presidente da comissão examinadora, dei por encerrada a reunião, da qual, para constar, lavrei a presente ata, que, lida e aprovada, vai por todos assinada eletronicamente.

Belo Horizonte, 19 de agosto de 2024.



Os membros da banca examinadora:

Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Cesar Ribeiro Diniz, Coordenador(a) de curso**, em 19/08/2024, às 14:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Christian Emmanuel Torres Cabido, Usuário Externo**, em 19/08/2024, às 22:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---

23/08/2024 20:07



Documento assinado eletronicamente por **Mauro Heleno Chagas, Membro**, em 22/08/2024, às 10:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_ace\\_sso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_ace_sso_externo=0), informando o código verificador **3415641** e o código CRC **A1D54547**.

---

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me criado e me concedido graça e misericórdia, me capacitando e me dando a oportunidade de viver esse momento especial. Agradeço também por Ele ter me dado o privilégio de ter pais sensacionais que me criaram com tanto amor, carinho e sabedoria. Agradeço imensamente aos meus pais, Alberto e Leide, por toda criação e ensinamento que eles me deram ao longo desses 29 anos de vida, forjando o meu caráter e me ensinando princípios e valores cristãos. Agradeço por todo apoio e direcionamento que eles me deram ao longo desse mestrado, pois, apesar de terem pouca formação acadêmica, eles são meus verdadeiros mestres. Agradeço imensamente a minha esposa Ana Cláudia, pois desde o início, sempre me apoiou, me confortou em momentos difíceis e me direcionou com conselhos sábios e uma visão ampla, que as vezes nós homens não temos. Também agradeço aos meus irmãos, Priscila e Luiz, por todo apoio e parceria. Quero deixar um agradecimento especial também ao meu orientador Rodrigo, que apesar de não me conhecer antes do início do mestrado, acreditou em mim e me deu a oportunidade de ser orientado por ele. Muito obrigado Rodrigo por todos os ensinamentos e por toda a ajuda durante esse processo. Agradeço também a cada membro do LAMUSC por toda a ajuda e troca de conhecimentos e em especial aos professores Mauro e Fernando por cada contribuição, sempre transmitindo seus conhecimentos da melhor forma para ajudar no meu crescimento. Agradeço a cada funcionário da UFMG e a cada voluntário que participou da pesquisa, pois, cada um exercendo a sua função, contribuiu de alguma forma para eu chegar até aqui. Foi muito gratificante ter vivenciado todo esse processo, pois, citando John F. Kennedy *“quanto mais aumenta nosso conhecimento, mais evidente fica nossa ignorância”*. Muito obrigado a todos e que Deus continue abençoando e direcionando a vida de cada um de vocês.

## RESUMO

A manipulação das variáveis do treinamento de força impacta em diversas respostas, sendo uma delas, a ativação muscular. Com isso, com o aumento do número de repetições, ocorre um aumento da ativação muscular. Procedimentos de eletromiografia (EMG) de superfície vêm sendo utilizados como o principal recurso para o monitoramento da ativação muscular. Entretanto, a ativação muscular também tem sido abordada através de um entendimento mais amplo por diversos autores. Um exemplo dessa abordagem é a mensuração do aumento no tempo de relaxamento transversal ( $T_2$ ).  $T_2$  permite visualizar a entrada de líquido no músculo e essa entrada de líquido aumenta o volume da célula, culminando em um inchaço muscular. Entretanto, ambas as técnicas de medida de ativação muscular citadas possuem certas restrições para seu uso. Sendo assim, a medida de inchaço muscular por meio de imagens de ultrassom, poderia ser investigada com a perspectiva de identificar a ativação muscular, visto que, é possível a utilização de outros meios para se investigar tal desfecho. O objetivo do presente estudo foi comparar a resposta de inchaço muscular e EMG entre um protocolo realizado até a falha muscular (TFM) e outros cinco protocolos que não seriam conduzidos até a falha muscular (TNFM) executados com um número de repetições 10, 20, 30, 40 e 50% menor que o TFM. Foram selecionados 14 homens treinados que realizaram o TFM no exercício banco extensor de joelhos com 4 séries a 60% 1RM com 2 minutos de intervalo entre as séries. Foi realizado também outros 5 protocolos de TNFM, onde foi subtraído um número de repetições que representasse uma redução de 10, 20, 30, 40 e 50% no número total de repetições completadas durante cada série do TFM. Foram realizadas quatro ANOVAS *one-way* de medidas repetidas. Duas ANOVAS para comparar a EMG dos músculos reto femoral e vasto lateral e duas ANOVAS para comparar o inchaço muscular dos respectivos músculos. Para o inchaço muscular todos os protocolos diferiram entre si para ambos os músculos, reto femoral e vasto lateral ( $p < 0,05$ ). Já para a EMG, para ambos os músculos, os protocolos de TNFM -10, -20 e -30% não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ). Os resultados mostraram que houve um aumento gradual do inchaço muscular ao longo do aumento do número de repetições. Já para a EMG, baixas reduções no número de repetições parecem não influenciar na ativação muscular.

**Palavras-chave:** treinamento de força, número de repetições, inchaço muscular e eletromiografia.

## ABSTRACT

The manipulation of strength training variables impacts various responses, one of which is muscle activation. With this, increasing the number of repetitions leads to an increase in muscle activation. Surface electromyography (EMG) procedures have been used as the main resource for monitoring muscle activation. However, muscle activation has also been approached through a broader understanding by various authors. One example of this approach is the measurement of the increase in transverse relaxation time (T<sub>2</sub>). T<sub>2</sub> allows for visualizing the fluid entry into the muscle, and this fluid entry increases the cell volume, resulting in muscle swelling. Nevertheless, both muscle activation measurement techniques mentioned have certain restrictions for their use. Thus, measuring muscle swelling through ultrasound imaging could be investigated with the perspective of identifying muscle activation, given that it is possible to use other means to investigate such an outcome. The objective of the present study was to compare the muscle swelling and EMG response between a protocol performed until muscle failure (MF) and five other protocols that would not be conducted until muscle failure (NMF) executed with 10, 20, 30, 40, and 50% fewer repetitions than the MF. Fourteen trained men were selected to perform the MF on the knee extensor bench exercise with 4 sets at 60% 1RM with 2 minutes of interval between sets. Additionally, five other NMF protocols were performed, where a number of repetitions representing a reduction of 10, 20, 30, 40, and 50% in the total number of repetitions completed during each MF set were subtracted. Four repeated-measures one-way ANOVAs were conducted. Two ANOVAs to compare the EMG of the rectus femoris and vastus lateralis muscles, and two ANOVAs to compare the muscle swelling of the respective muscles. For muscle swelling, all protocols differed from each other for both muscles, rectus femoris and vastus lateralis ( $p < 0.05$ ). As for EMG, for both muscles, the NMF -10, -20, and -30% protocols did not differ from each other ( $p > 0.05$ ). The results showed a gradual increase in muscle swelling with an increase in the number of repetitions. As for EMG, small reductions in the number of repetitions do not seem to influence muscle activation.

**Keywords:** strength training, number of repetitions, muscle swelling, and electromyography.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Delineamento do estudo .....	20
Figura 2 – Banco extensor de joelhos .....	23
Figura 3 – Ultrassom portátil .....	24
Figura 4 – Eletromiógrafo .....	24
Figura 5 – Realização do teste de contração isométrica voluntária máxima .....	26
Figura 6 – Posição inicial e final da ação muscular concêntrica .....	28
Figura 7 – Marcações para aquisição das imagens de área de secção transversa..	30
Figura 8 – Aquisição das imagens de ultrassom .....	31
Figura 9 – Imagens da área de secção transversa do reto femoral e vasto lateral ..	32
Figura 10 – Marcações para colocação dos eletrodos de superfície .....	34
Figura 11 – Posicionamento dos eletrodos de superfície .....	35
Gráfico 1 – Inchaço do reto femoral .....	37
Gráfico 2 – Inchaço do vasto lateral .....	39
Gráfico 3 – Atividade eletromiográfica (EMG) do reto femoral.....	41
Gráfico 4 – Atividade eletromiográfica (EMG) do vasto lateral.....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização da amostra .....	21
Tabela 2 – Confiabilidade do teste de contração isométrica voluntária máxima .....	27
Tabela 3 – Número total de repetições .....	29
Tabela 4 – Área de secção transversa baseline do reto femoral e vasto lateral .....	33
Tabela 5 – Dados descritivos do inchaço do reto femoral .....	37
Tabela 6 – Comparação par a par do inchaço do reto femoral .....	38
Tabela 7 – Dados descritivos do inchaço do vasto lateral .....	39
Tabela 8 – Comparação par a par do inchaço do vasto lateral .....	40
Tabela 9 – Dados descritivos da atividade eletromiográfica do reto femoral .....	41
Tabela 10 – Comparação par a par da atividade eletromiográfica do reto femoral...	42
Tabela 11 – Dados descritivos da atividade eletromiográfica do vasto lateral .....	43
Tabela 12 – Comparação par a par da atividade eletromiográfica do vasto lateral...	44

## LISTA DE ABREVIATURAS

1RM – Uma repetição máxima  
ADM – Amplitude de movimento  
AST – Área de secção transversa  
CCI – Coeficiente de correlação intraclasse  
CIVM – Contração isométrica voluntária máxima  
CV – Coeficiente de variação  
EMG – Atividade eletromiográfica  
EPM – Erro padrão de medida  
ERR – Escala de repetições de reserva  
FM – Falha muscular  
K<sup>+</sup> - Potássio  
 $\eta^2$  – *eta square*  
Na<sup>+</sup> - Sódio  
RM – Repetições máximas  
RMS – Raiz quadrada da média dos quadrados  
T<sub>2</sub> – Tempo de relaxamento transversal  
TCLE – Termo de consentimento livre e esclarecido  
TFM – Treinamento falha muscular  
TNFM – Treinamento não falha muscular  
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 Objetivos.....	18
1.2 Hipóteses.....	18
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
2.1 Delineamento experimental.....	19
2.2 Participantes .....	20
2.3 Cuidados éticos .....	22
2.4 Instrumentos.....	22
2.5 Procedimentos.....	25
2.5.1 Avaliação antropométrica .....	25
2.5.2 Teste de uma repetição máxima .....	25
2.5.3 Teste de contração isométrica voluntária máxima .....	26
2.5.4 Treinamento falha muscular .....	27
2.5.5 Treinamento não falha muscular .....	28
2.5.6 Inchaço muscular .....	30
2.5.7 Atividade eletromiográfica .....	33
2.6 Análise estatística.....	35
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre as recomendações de exercícios físicos, tanto no contexto da saúde quanto do rendimento esportivo, está integrado o treinamento de força (ACSM, 2009; WHO, 2010). A manipulação das variáveis do treinamento de força influencia adaptações agudas e crônicas, tais como: aumento da capacidade física força e suas manifestações, aumento do desempenho esportivo e da massa muscular esquelética, bem como a melhora em parâmetros cardiovasculares, metabólicos e neurais (Schoenfeld, 2010; Suchomel *et al.*, 2018; Kingsley; Figueroa, 2016).

Um parâmetro que é frequentemente registrado no treinamento de força é a ativação muscular (Konrad, 2005). A ativação muscular pode ser entendida como o processo pelo qual os músculos são estimulados a contrair-se gerando movimento, sendo que, esse processo envolve a interação complexa entre o sistema nervoso central e o sistema musculoesquelético (Egan; Sharples, 2023; Vigotsky *et al.*, 2018). Procedimentos de eletromiografia de superfície vêm sendo utilizados como o principal recurso para o monitoramento da ativação muscular, tornando possível analisar a demanda neuromuscular durante uma tarefa através de um procedimento confiável e não invasivo (Konrad, 2005). Esses procedimentos permitem mensurar o potencial de ação dissipado em uma placa motora, visto que, o deslocamento iônico gerado, cria um campo elétrico que pode ser captado por meio de eletrodos posicionados na superfície da pele (Konrad, 2005; Vigotsky *et al.*, 2018). Entretanto, a ativação muscular também tem sido abordada através de um entendimento mais amplo por diversos autores (Vigotsky *et al.*, 2018; Adams *et al.*, 1992).

Um exemplo dessa abordagem é a mensuração do aumento no tempo de relaxamento transversal ( $T_2$ ) (Adams *et al.*, 1992).  $T_2$  é uma variável que permite visualizar através da ressonância magnética a diferença nos tecidos corporais (Adams *et al.*, 1992). Sendo assim,  $T_2$  pode ajudar a identificar lesões e edemas, pois devido ao acúmulo de líquido, tem tempos de  $T_2$  prolongados. Isso faz com que essas áreas apareçam brilhantes em imagens ponderadas em  $T_2$ , ajudando a detectar inflamações e inchaço (Jehenson *et al.*, 1993). Diante disso,  $T_2$  permite visualizar a entrada de líquido no músculo (Adams *et al.*, 1992). Ou seja, com sucessivas contrações musculares ocorre a entrada de líquido para o meio

intracelular e isso pode ser visualizado através desse aumento de área muscular visualizada em uma imagem de ressonância magnética com  $T_2$  (Adams *et al.*, 1992). Esta entrada de líquido tem relação com o deslocamento de íons sódio e potássio durante a contração muscular. A despolarização da membrana celular devido ao potencial de ação gerado para ocorrer a contração muscular, é devido a uma mudança de íons dentro e fora da célula e, com isso ocorre uma entrada de sódio ( $Na^+$ ) para o meio intracelular e a saída de potássio ( $K^+$ ) para o meio extracelular (Sjogaard *et al.*, 1985). Sendo assim, a entrada de sódio na célula pode desencadear a entrada de líquido para gerar um equilíbrio osmótico (Sjogaard *et al.*, 1985). Foi observado que no final de um exercício máximo em cicloergômetro, houve maior concentração de líquido intracelular e maior concentração de potássio no líquido extracelular quando comparado com o exercício submáximo (Sjogaard *et al.*, 1985). Foi destacado pelos autores que, o potássio foi continuamente liberado dos músculos durante a contração e uma recaptção de potássio começou imediatamente quando o músculo relaxou, provavelmente devido a ação da bomba sódio-potássio para manter a polarização das células (Sjogaard *et al.*, 1985). Sendo assim, essa entrada de líquido para o meio intracelular pode aumentar o volume da célula e isso gera um aumento momentâneo da área de secção transversa (AST) do músculo, também denominado de inchaço da célula muscular (Adams *et al.*, 1992). Portanto, para além da entrada de líquido intracelular devido ao sódio, o subproduto do metabolismo como o lactato, também pode atrair líquido adicional para o meio intracelular (Sjogaard; Saltin, 1982). Dessa forma, a entrada de líquido poderia ser tanto verificada em imagens de ressonância magnética através da medida de AST com  $T_2$  quanto através de outros procedimentos que permitem visualizar a AST muscular, como o ultrassom (Adams *et al.*, 1992). Diante disso, de forma aguda, essa entrada de líquido para o meio intracelular medida através de  $T_2$  está relacionada com o aumento na atividade eletromiográfica (EMG), sendo encontrada uma correlação positiva de  $r=0,99$  (Adams *et al.*, 1992). Portanto, ambas as medidas,  $T_2$  e EMG podem refletir a ativação de determinado músculo durante o exercício (Adams *et al.*, 1992).

Entretanto, ambas as técnicas de medida de ativação muscular citadas anteriormente, EMG e  $T_2$  têm certas restrições para seu uso. A utilização de  $T_2$  requer o uso de imagens de ressonância magnética e isso é oneroso e de difícil acesso (Adams *et al.*, 1992). Já para a utilização da EMG, requer uso de eletrodos

que nem sempre são “sem fio”, teste de normalização e dificuldade de registrar a ativação muscular de músculos profundos (Turker, 1993). Contudo, a medida de inchaço muscular pode ser realizada por meio de imagens de ultrassom, facilitando a aplicabilidade em determinadas modalidades devido sua praticidade e portabilidade comparado a ressonância magnética (Ritsche *et al.*, 2022). Sendo assim, a medida de inchaço muscular por meio de imagens de ultrassom poderia ser investigada com a perspectiva de identificar a ativação muscular, visto que, é possível a utilização de outros meios para se investigar tal desfecho (Adams *et al.*, 1992).

Como citado inicialmente, visto que a manipulação das variáveis do treinamento de força influencia respostas agudas, uma variável que está relacionada com a ativação muscular é o número de repetições (Yue *et al.*, 1994). Pois, tem sido observado que com o aumento do número de repetições e conseqüentemente, à medida que se aproxima da fadiga, ocorre um aumento da ativação muscular (Yue *et al.*, 1994; Sakamoto; Sinclair, 2012). Com base nessa perspectiva, uma estratégia utilizada para esse fim pode ser a utilização do treinamento de força realizado até a falha muscular (TFM) (Gomes *et al.*, 2021). Assim, poderia ser esperado que uma maior ativação muscular ocorresse se fosse realizado o TFM. A falha muscular (FM) pode ser definida como a incapacidade momentânea do indivíduo em executar a amplitude de movimento completa de uma repetição devido à fadiga, ou seja, apesar de tentar, o indivíduo não consegue realizar a ação concêntrica da repetição atual sem alterar a técnica de movimento, duração da repetição ou auxílio externo (Izquierdo *et al.*, 2006; Steele *et al.*, 2017). Dessa forma, o TFM tem sido utilizado como tentativa de maximizar as respostas advindas do treinamento de força, devido ao elevado nível de fadiga produzido, sendo que isso poderia ser determinante para aumentar o estímulo do treinamento (Drinkwater *et al.*, 2005; Jacobson, 1981; Schott; Mccully; Rutherford, 1995; Rooney; Herbert; Balnave, 1994). Entretanto, de forma aguda o TFM gera uma elevada demanda energética resultando em redução do desempenho, aumento da percepção de desconforto, aumento da percepção subjetiva de esforço e dor muscular de início tardio quando comparado com o treinamento que não foi conduzido até a falha muscular (TNFM) (Refalo *et al.*, 2023). Isso pode influenciar as adaptações fisiológicas a longo prazo e à aderência ao programa de treinamento (Vieira *et al.*, 2022; Refalo *et al.*, 2023).

De forma geral, tem sido observado que com o aumento do número de repetições ocorre um aumento da ativação muscular, medida tanto através da EMG quanto do aumento em  $T_2$  (Yue *et al.*, 1994; Sakamoto; Sinclair, 2012). Um estudo com quinze mulheres destreinadas comparou uma série até a FM com aproximadamente 15 repetições máximas (RM) com 3 RM (Sundstrup *et al.*, 2012). Neste estudo, durante a série realizada até a FM, a EMG foi significativamente menor durante a primeira repetição e significativamente maior durante as últimas repetições quando comparado com o exercício realizado com 3 RM (Sundstrup *et al.*, 2012). Ou seja, com o aumento do número de repetições e devido as voluntárias irem se aproximando da FM, esse efeito da fadiga proporcionou um aumento da EMG (Sundstrup *et al.*, 2012; Sakamoto; Sinclair, 2012). Entretanto, os autores relataram que a EMG atingiu um platô durante as 3 repetições finais antes de atingir a FM (Sundstrup *et al.*, 2012), fato este que permite hipotetizar se um número de repetições menores fosse utilizado, o resultado poderia ser semelhante a treinar até a FM. Portanto, com o aumento do número de repetições ocorre um aumento da ativação muscular, sendo esperado um platô apenas nas últimas repetições (Sundstrup *et al.*, 2012). Entretanto, há inconsistências em relação ao ponto em que uma série seria interrompida quando se realiza o TNFM, pois há controvérsias em relação ao ponto em que se encontra um platô no final de uma série (Steele *et al.*, 2017; Sundstrup *et al.*, 2012). Esse ponto final da série pode ser considerado próximo a FM e é considerado uma variável importante que determina o esforço durante o treinamento de força, tornando-se difícil determinar em qual ponto uma série deveria ser interrompida para gerar um grau de esforço suficiente para promover adaptações (Ruple *et al.*, 2023). Sendo assim, a proximidade da FM pode ser definida como o número de repetições restantes em uma série antes de atingir a FM (Refalo *et al.*, 2022). Visto que, a proximidade da FM ainda é pouco investigada, faz-se necessário investigar esse desfecho de forma aguda (Refalo *et al.*, 2022).

Nesse sentido, ainda não está claro se o inchaço muscular é responsivo para identificar variações em protocolos com diferentes proximidades da FM. Pois não se sabe até o momento o impacto que diferentes protocolos de treinamento falha e não-falha com diferentes números de repetições têm na ativação muscular monitorada pelo inchaço muscular e pela EMG. Visto que, a análise das respostas de inchaço muscular e EMG ao longo de diferentes números de repetições pode conduzir para a escolha de estratégias que possa otimizar o nível de ativação

muscular e, possivelmente, para adaptações desejadas advindas do treinamento de força (Yue *et al.*, 1994; Sundstrup *et al.*, 2012). Entretanto, não foram encontrados dados relativos ao comportamento do inchaço muscular com o aumento do número de repetições. Portanto, resta-se saber como o inchaço muscular se comporta ao longo de diferentes números de repetições ao se realizar o TNFM.

Adicionalmente, embora o TFM promova respostas de inchaço muscular e EMG, o TNFM com uma proximidade adequada da FM pode ser eficaz para promover adaptações sem o mesmo nível de fadiga e desconforto agudo (Vieira *et al.*, 2022). Portanto, resta-se saber o comportamento da ativação muscular registrada através do inchaço muscular ao longo de diferentes números de repetições em protocolos de TNFM, pensando em fornecer subsídios para uma prescrição mais qualificada do TFM, em especial considerando as diferentes possibilidades da prescrição do número de repetições, visto que o TFM gera maior fadiga quando comparado ao TNFM (Refalo *et al.*, 2023).

## 1.1 Objetivos

O objetivo do presente estudo foi comparar a resposta de inchaço muscular e EMG entre o TFM e TNFM executados com um número de repetições 10, 20, 30, 40 e 50% menor que o TFM.

## 1.2 Hipóteses

H0 – Não haverá diferenças entre os protocolos tanto para o inchaço muscular quanto para a EMG.

H1 - O TFM terá uma maior resposta de inchaço muscular e EMG comparado aos protocolos de TNFM.

H2 - Quanto maior o número de repetições realizadas no TNFM, maiores serão as respostas de inchaço muscular e EMG.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Delineamento experimental

O presente estudo utilizou um delineamento de medidas repetidas, no qual foram realizadas 8 sessões de coleta com um intervalo mínimo de 48 horas e máximo de 72 horas entre as sessões. Inicialmente, na sessão de coleta 1, os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (Veja Apêndice A), foi realizada uma anamnese para saber se os voluntários atendiam aos critérios de inclusão (Veja no Apêndice B), avaliação antropométrica e a familiarização dos voluntários ao teste de uma repetição máxima (1RM) no banco extensor de joelhos.

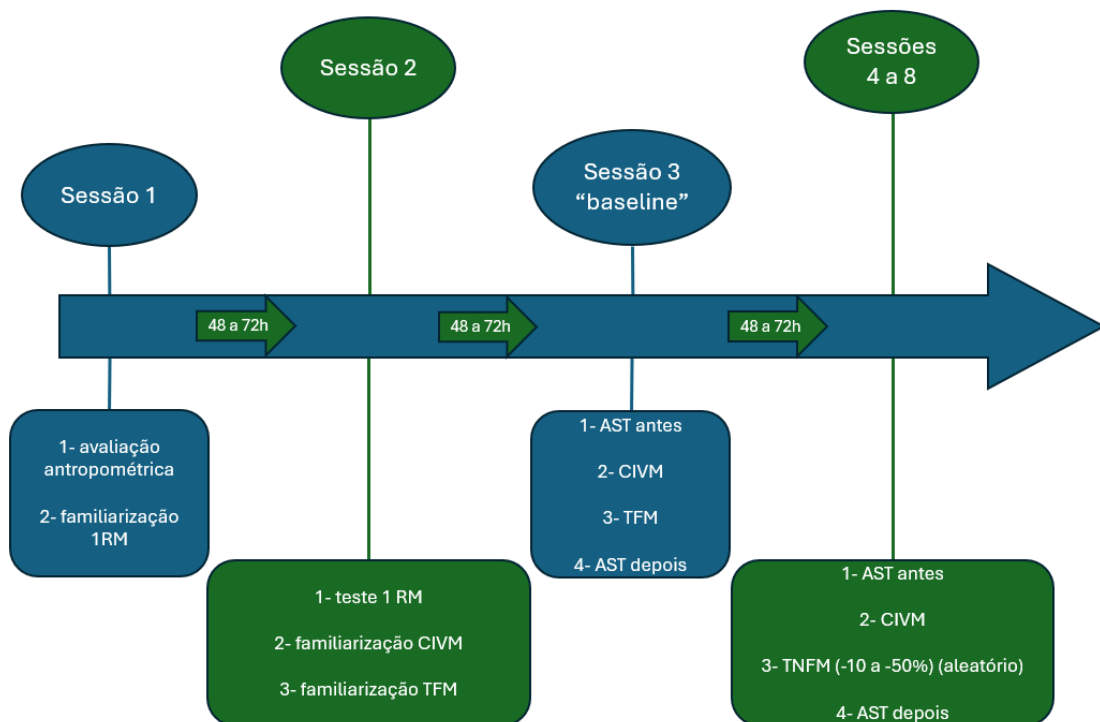
Na sessão de coleta 2, os voluntários realizaram o teste de 1RM e foram familiarizados ao teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) e ao protocolo de TFM nessa mesma sessão, o qual foi realizado com a mesma configuração a ser realizada na sessão de coleta 3.

Na sessão de coleta 3, inicialmente, foram realizados exames de ultrassom para determinar os valores de AST do músculo vasto lateral e reto femoral. Após a medida da AST, foi realizado o teste de CIVM. Dez minutos após o teste de CIVM, todos os voluntários realizaram o protocolo TFM, que foi realizado no exercício de extensão bilateral do joelho sentado no equipamento banco extensor de joelhos e consistiu em 4 séries a 60% de 1RM com uma pausa de 2 minutos entre as séries e com uma duração da repetição de 4 segundos, sendo 2 segundos de ação muscular concêntrica e 2 segundos de ação muscular excêntrica e com uma amplitude de movimento de 100° a 10° de flexão de joelhos (0° = joelho estendido). A EMG foi registrada nos músculos vasto lateral e reto femoral durante todo o protocolo de treinamento. Após a realização do protocolo, foram realizados novamente exames de ultrassom para determinar os valores de AST dos músculos citados anteriormente.

Nas sessões de coleta 4 a 8, todos os voluntários realizaram os protocolos de TNFM. Os protocolos de TNFM foram executados com um número de repetições 10, 20, 30, 40 e 50% menor que o TFM, sendo cada um dos protocolos de TNFM distribuídos de forma aleatória entre os voluntários, através de sorteio. Os protocolos que representam o TNFM (-10 a -50%) foram executados por cada

voluntário com base no número total de repetições realizadas durante cada série da sessão de TFM, que foi realizado na sessão de coleta 3. Nessas respectivas sessões de coleta foram realizados os mesmos procedimentos de medida, tanto da AST e EMG, que foram realizados na sessão de coleta 3. A FIG. 1 apresenta o delineamento experimental do estudo.

**Figura 1 – Delineamento do estudo**



**Legenda:** uma repetição máxima (1RM); contração isométrica voluntária máxima (CIVM); área de secção transversa (AST); treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM).

## 2.2 Participantes

Foi utilizado nesse estudo uma seleção da amostra por conveniência, onde os voluntários foram recrutados a partir de anúncios em redes sociais e cartazes fixados na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Participaram desse estudo 14 voluntários do sexo masculino com idade entre 18 e 35 anos. Foram selecionados indivíduos treinados com no mínimo um ano de experiência com o treinamento de força, que não apresentassem lesões musculoesqueléticas nos últimos seis meses nos membros inferiores, coluna ou pelve, que não fizesse uso de nenhum recurso ergogênico e que não tivesse nenhum problema cardíaco. A TAB. 1 apresenta os dados da caracterização da amostra.

**Tabela 1 – Caracterização da amostra**

Variável	Média ± DP	Mínimo	Máximo
<b>Idade (anos)</b>	23,71 ± 4,56	18	30
<b>Massa (kg)</b>	83,56 ± 11,08	54,3	99,9
<b>Estatura (m)</b>	1,78 ± 0,09	1,67	2,02
<b>IMC</b>	26,20 ± 2,79	19,26	30,30
<b>% gordura</b>	15,21 ± 3,07	11,0	22,9
<b>Tempo de treino (anos)</b>	3,79 ± 3,37	1	10

Os critérios de exclusão dos indivíduos foram: 1) por livre e espontânea vontade do voluntário; 2) não comparecer aos locais de coleta no dia e hora programados sucessivamente; 3) apresentar algum tipo de enfermidade e/ou patologia que comprometesse a coleta dos dados; 4) fazer uso de medicamentos que comprometesse a coleta de dados durante o período de coleta; 5) realizar algum treinamento adicional, de força ou aeróbio, para os membros inferiores durante o período de coleta.

Foi realizado um estudo piloto e com os dados de inchaço muscular do reto femoral e vasto lateral, foi realizado o cálculo amostral através do *software* GPower (versão 3.1.7), utilizando as orientações fornecidas pelo estudo de Beck (2013). No cálculo amostral foi adotado um nível de significância de 5%, poder amostral de 80% e tamanho do efeito com um *eta square* ( $\eta^2$ ) de 0,81 para o inchaço muscular do vasto lateral. O número amostral gerado pelo *software* foi de 7 voluntários. Porém, na época de realização do estudo piloto, como não tínhamos os dados de EMG disponíveis, decidimos dobrar o tamanho da amostra, pois o coeficiente de variação da EMG costuma ser bem maior que do inchaço muscular, com valores de aproximadamente 27% (Lacerda *et al.*, 2020). Portanto, foram utilizados 14 voluntários para esse estudo.

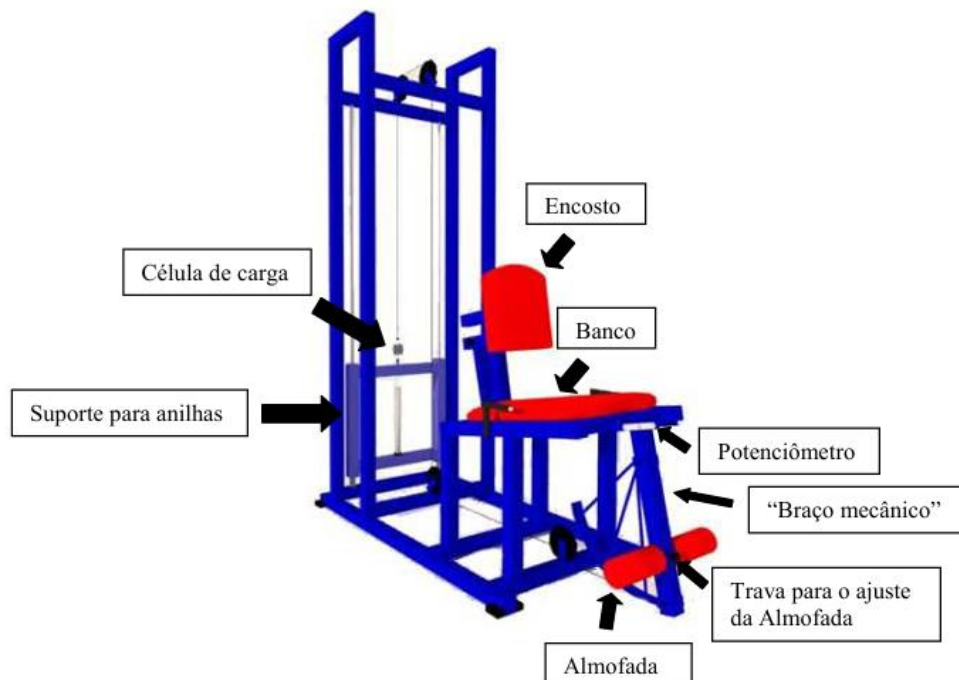
### 2.3 Cuidados éticos

Este estudo foi submetido ao comitê de ética em pesquisa da UFMG e foi aprovado sob o número (72597123.7.0000.5149) (Anexo 1) e respeitou todos os aspectos éticos de acordo com a declaração de Helsink, bem como as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional em Saúde (Resolução 466/2012) envolvendo pesquisas com seres humanos. Antes de iniciarem qualquer atividade neste projeto, os voluntários receberam todas as informações quanto aos objetivos, ao processo metodológico do projeto, bem como os possíveis riscos e benefícios de participação no estudo. Os voluntários assinaram o TCLE e estavam cientes de que a qualquer momento poderiam deixar de participar da pesquisa. Foram tomadas precauções no intuito de preservar a privacidade dos voluntários.

### 2.4 Instrumentos

Os testes de CIVM, 1RM e os protocolos de treinamento foram realizados no equipamento “banco extensor de joelhos” (Master Equipamentos®). Esse equipamento possui um potenciômetro acoplado no eixo de rotação do braço mecânico, que permite registrar os valores dos respectivos ângulos durante a realização de toda amplitude de movimento (ADM). Esse equipamento também possui uma célula de carga acoplada na parte posterior presa no cabo de aço, que por sua vez, permite registrar os valores de força em newtons quando qualquer tipo de tensão é gerada ao se realizar o movimento de extensão de joelho (Diniz *et al.*, 2020). A FIG. 2 apresenta um desenho esquemático do equipamento banco extensor de joelhos.

**Figura 2 – Banco extensor de joelhos**



Para mensuração da AST foram utilizadas imagens registradas por meio de um ultrassom portátil (Vinno® Q5-7L, China) com transdutor matricial linear de frequência entre 6-16MHz. O ultrassom portátil conectava a um computador e através do *software* Vinno permite-se visualizar as imagens em tempo real. Ao lado do equipamento de ultrassom foi instalada uma maca que permitiu a manutenção do voluntário na posição supina e de decúbito lateral para a realização da aquisição das imagens dos músculos reto femoral e vasto lateral, respectivamente. Para mensuração da EMG foi utilizado um eletromiógrafo e uma placa de conversão e sincronização dos dados eletromiográficos (XControl®). A FIG. 3 apresenta o ultrassom portátil e a FIG. 4 apresenta o eletromiógrafo juntamente com a placa de conversão e sincronização dos dados.

**Figura 3 – Ultrassom portátil**



**Figura 4 – Eletromiógrafo e placa de conversão e sincronização dos dados**

**(a) eletromiógrafo**



**b) placa de conversão e sincronização dos dados**



## 2.5 Procedimentos

A seguir estão listados todos os procedimentos que foram realizados, separados por variáveis analisadas.

### 2.5.1 Avaliação antropométrica

A massa corporal foi obtida por meio de uma balança digital (FILIZOLA, Brasil) com precisão de 0,1 kg, enquanto a estatura foi registrada pelo estadiômetro acoplado na mesma, com precisão de 0,5cm (FILIZOLA, Brasil). O cálculo do percentual de gordura foi realizado de acordo com o protocolo de 7 dobras cutâneas utilizado por Jackson e Pollock (1978), onde foram realizadas duas medidas de cada dobra cutânea por meio de um plicômetro (INNOVARE 4, Cescorf Equipamentos LTDA®).

### 2.5.2 Teste de uma repetição máxima (1RM)

O teste de 1RM foi realizado seguindo as seguintes orientações (Diniz *et al.*, 2014): número máximo de seis tentativas; pausa de cinco minutos; progressão gradual do peso mediante percepção dos voluntários e dos avaliadores. O peso no aparelho foi progressivamente aumentado até que não fosse possível alcançar 10° de flexão de joelhos (0° = joelho estendido) na ação concêntrica. Desta forma, o valor de 1RM correspondeu ao peso levantado na tentativa anterior. Cada tentativa no teste de 1RM seguiu a mesma sequência: após o posicionamento do voluntário no equipamento conforme a padronização individual, o voluntário deveria realizar uma ação concêntrica até alcançar no mínimo 10° de flexão de joelhos (0° = joelho estendido) e, em seguida, realizar uma ação excêntrica até a ADM inicial. O teste de 1RM foi realizado na segunda sessão de coleta. Foi realizada uma análise de confiabilidade com os valores da sessão de familiarização com a sessão do teste de 1RM e foi obtido um coeficiente de correlação intraclasse de 0,945, erro padrão de medida de 2,40 kg e um erro padrão de medida relativo de 0,029%.

### 2.5.3 Teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM)

O teste de CIVM foi constituído por duas tentativas no ângulo de 60° de flexão de joelhos (0° = joelho estendido), cada uma com duração de 5 segundos, respeitando uma pausa de três minutos entre cada tentativa (Lacerda *et al.*, 2020). Durante o teste de CIVM foi dado encorajamento verbal para que o voluntário aplicasse força máxima contra a alavanca fixa do equipamento extensor de joelhos. O maior valor pico de força registrado neste ângulo foi utilizado como valor representativo do desempenho de força máxima isométrica para este ângulo (Correa *et al.*, 2011). A FIG. 5 apresenta o posicionamento do voluntário no teste de CIVM.

**Figura 5 – posicionamento para realização do teste de CIVM com 60° de flexão de joelhos.**



O teste de CIVM foi realizado antes de cada sessão dos protocolos de treinamento com o registro da EMG. Posteriormente, o sinal eletromiográfico foi filtrado, retificado e analisado com um intervalo de 1 segundo ao redor do pico de força através da raiz quadrada da média dos quadrados (RMS) (Diniz *et al.*, 2020). A TAB. 2 apresenta as medidas de confiabilidade entre as sessões referente aos dados de força em Newtons, RMS do reto femoral e vasto lateral do teste de CIVM. Foi calculada a média das duas tentativas do teste de CIVM de cada sessão de

protocolo experimental e então realizada a análise de confiabilidade desses valores considerando todas as sessões de treinamento, totalizando 6 valores de coeficiente de correlação intraclasse. Tem sido reportado na literatura valores de coeficiente de correlação intraclasse (CCI) para teste de CIVM de 0,97 (Lacerda *et al.*, 2020).

**Tabela 2 – Análise de confiabilidade do teste de CIVM**

	Força	RMS reto femoral	RMS vasto lateral
<b>CCI<sub>3k</sub></b>	0,962	0,954	0,961
<b>EPM</b>	73,93 N	0,12 V	0,08 V
<b>EPM relativo</b>	8,32%	13,38%	12,17%

**Legenda:** coeficiente de correlação intraclasse (CCI<sub>3k</sub>); erro padrão de medida (EPM); erro padrão de medida relativo (EPM %); newtons (N); raiz quadrada da média dos quadrados (RMS).

#### 2.5.4 Treinamento falha muscular (TFM)

Após um período de 10 minutos de descanso do teste de CIVM, os voluntários realizaram os protocolos de treinamento no exercício extensão bilateral do joelho sentado, no equipamento banco extensor de joelhos, consistindo em 4 séries a 60% de 1RM com uma pausa de 2 minutos entre as séries e com uma duração da repetição de 4 segundos, sendo 2 segundos de ação muscular concêntrica e 2 segundos de ação muscular excêntrica, com uma ADM de 100° até 10° de flexão de joelhos (0° = joelho estendido). Estas configurações estão dentro de faixas de valores que são recomendadas para treinamento objetivando hipertrofia muscular (ACSM, 2009; Lacerda *et al.*, 2020). Apesar de não termos investigado hipertrofia muscular, optou-se por adotar essa configuração por ser possível sua aplicação na prática.

A duração da repetição foi controlada por meio de um metrônomo. Na sessão de coleta 2, os voluntários foram familiarizados ao protocolo TFM para entenderem a caracterização da FM neste exercício, bem como para se acostumarem com a duração da repetição.

No TFM, todas as séries foram realizadas até que o voluntário não conseguisse executar a ação muscular concêntrica na ADM pré-estabelecida, que era de 10° de flexão de joelhos (0° = joelho estendido). A ADM foi controlada por meio de um aparato com uma fita elástica que ficou na frente do braço mecânico do equipamento. O voluntário realizou a ação muscular concêntrica até que o braço

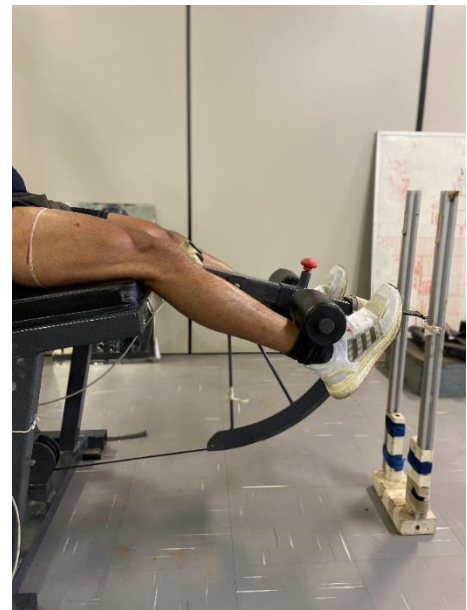
mecânico do equipamento encostasse nessa fita e então uma ação muscular excêntrica até a ADM inicial. Foi dado encorajamento verbal para que o voluntário continuasse realizando a tarefa até que ele não conseguisse atingir a ADM pré-estabelecida e assim caracterizar a FM. O TFM foi realizado na sessão de coleta 3. A FIG. 6 apresenta a posição inicial e final de uma ação muscular concêntrica.

**Figura 6 – Posição inicial e final da ação muscular concêntrica**

**(a) Posição inicial**



**(b) Posição final**



**Legenda:** **(a)** posição inicial na ação concêntrica a 100° de flexão de joelhos; **(b)** posição final na ação concêntrica a 10° de flexão de joelhos.

### 2.5.5 Treinamento não falha muscular (TNFM)

A ordem de realização das sessões de TNFM foi distribuída de forma aleatória através de sorteio para os voluntários. As sessões de TNFM foram realizadas com a mesma configuração da carga de treinamento da sessão de TFM (4 séries a 60% de 1RM com uma pausa de 2 minutos entre as séries e com uma duração da repetição de 4 segundos, sendo 2 segundos de ação muscular concêntrica e 2 segundos de ação muscular excêntrica), com uma amplitude de movimento de 100° a 10° de flexão de joelhos (0° = joelho estendido), com exceção do número de repetições.

O número de repetições dos protocolos de TNFM, foi realizado com base no número total de repetições realizadas durante cada série da sessão de TFM. Foi subtraído o número de repetições que reduzisse 10, 20, 30, 40 e 50% no número total de repetições completadas durante cada série da sessão de TFM. Foi realizada a redução das respectivas porcentagens supracitadas no número total de repetições completadas durante cada série do TFM para garantir que o indivíduo não atingisse a FM em nenhuma série do TNFM. Os protocolos de TNFM (-10% a -50%) foram realizados nas sessões de coleta 4 a 8. A TAB. 3 apresenta os dados individuais, de média e desvio padrão do número total de repetições de cada protocolo com suas respectivas reduções de -10 a -50%.

**Tabela 3 – Número total de repetições verificado no TFM e número total de repetições calculado para cada protocolo de TNFM.**

<b>Voluntário</b>	<b>TFM</b>	<b>TNFM -10%</b>	<b>TNFM -20%</b>	<b>TNFM -30%</b>	<b>TNFM -40%</b>	<b>TNFM -50%</b>
<b>1</b>	31	27,9	24,8	21,7	18,6	15,5
<b>2</b>	32	28,8	25,6	22,4	19,2	16
<b>3</b>	24	21,6	19,2	16,8	14,4	12
<b>4</b>	35	31,5	28	24,5	21	17,5
<b>5</b>	29	26,1	23,2	20,3	17,4	14,5
<b>6</b>	34	30,6	27,2	23,8	20,4	17
<b>7</b>	29	26,1	23,2	20,3	17,4	14,5
<b>8</b>	28	25,2	22,4	19,6	16,8	14
<b>9</b>	35	31,5	28	24,5	21	17,5
<b>10</b>	30	27	24	21	18	15
<b>11</b>	28	25,2	22,4	19,6	16,8	14
<b>12</b>	31	27,9	24,8	21,7	18,6	15,5
<b>13</b>	27	24,3	21,6	18,9	16,2	13,5
<b>14</b>	26	23,4	20,8	18,2	15,6	13
<b>Média</b>	<b>29,93</b>	<b>26,94</b>	<b>23,94</b>	<b>20,95</b>	<b>17,96</b>	<b>14,96</b>
<b>DP</b>	<b>3,32</b>	<b>2,98</b>	<b>2,65</b>	<b>2,32</b>	<b>1,99</b>	<b>1,66</b>

**Legenda:** treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM); desvio padrão (DP).

### 2.5.6 Inchaço muscular

Para determinação do inchaço muscular foram mensuradas as AST musculares, sendo que para isto foram feitas marcações na região anterior da coxa para identificar os pontos de referência para a aquisição das imagens de ultrassom. Tanto para o reto femoral e vasto lateral, foi medido 50% da distância entre a espinha íliaca anterossuperior e a borda superior da patela (FIG. 7) (Noorkoiv *et al.*, 2010).

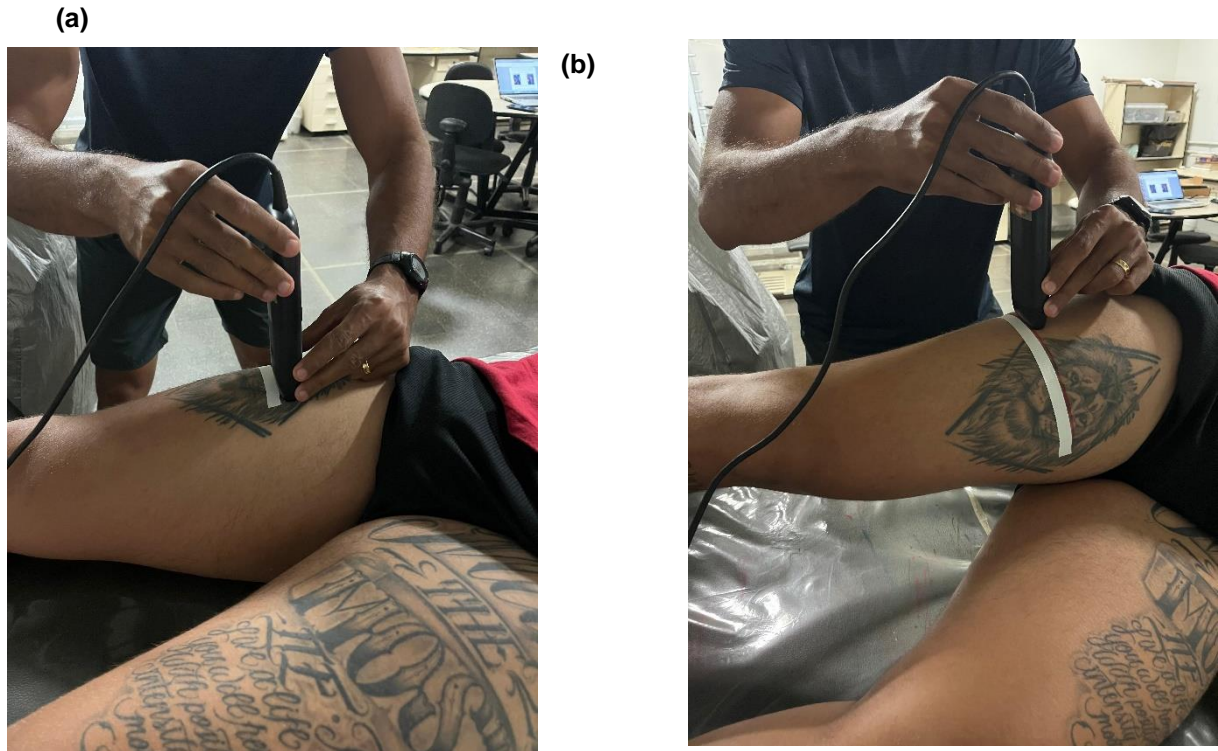
**Figura 7 – marcação para aquisição das imagens de AST**



Após as marcações, foi solicitado ao voluntário que ficasse deitado em decúbito dorsal e com os joelhos estendidos por 15 minutos. Na sequência, nessa mesma posição foi realizada a aquisição da imagem do músculo reto femoral pelo ultrassom (FIG. 8a). Logo após, foi solicitado ao voluntário que ficasse deitado em decúbito lateral, com o membro inferior apoiado sobre um “step” e com o joelho estendido. Também foi solicitado que ele mantivesse o membro inferior totalmente relaxado para que fosse realizada a aquisição da imagem do músculo vasto lateral (FIG. 8b). A sonda foi colocada transversalmente na coxa do voluntário e foi

passada guiando-se por uma fita micropore, sendo feita uma imagem de ultrassom no modo panorâmico.

**Figura 8 – aquisição das imagens de ultrassom**



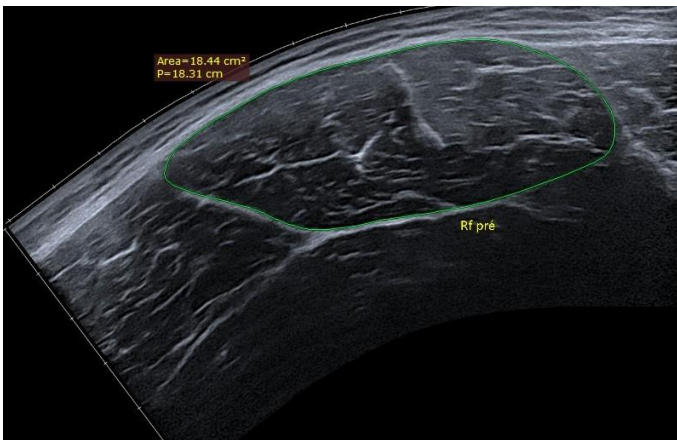
**Legenda:** (a) posicionamento para aquisição da imagem do reto femoral; (b) posicionamento para aquisição da imagem do vasto lateral.

As configurações do ultrassom foram ajustadas com uma frequência de 10-MHz, a profundidade da captura da imagem variando de 7,7 a 9,7 cm e ganho entre 50 e 64 dB (Lacerda *et al.*, 2020). Essas configurações poderiam ser modificadas de acordo com cada voluntário para ter a melhor qualidade da imagem para análise posterior.

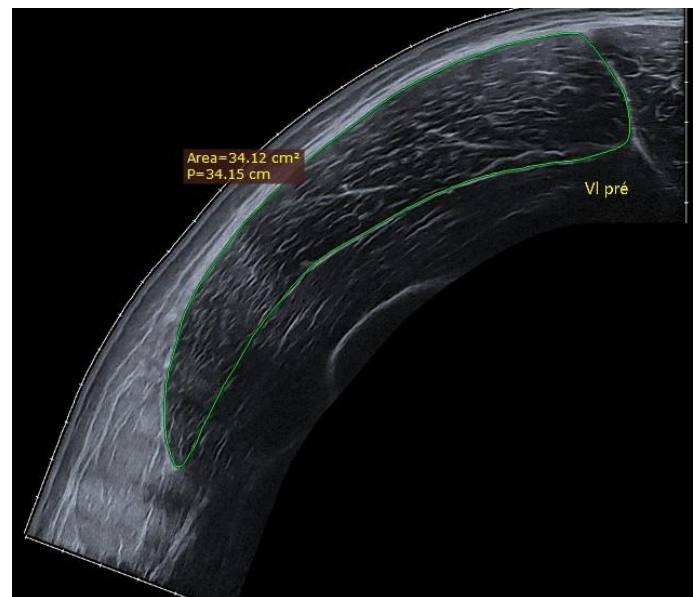
Essas imagens eram salvas e posteriormente, um avaliador previamente treinado, realizava o contorno da AST musculares (FIG. 9a e 9b). A determinação das AST foi realizada através do *software* RADIANT.

**Figura 9 – Imagens das ASTs**

**(a) Reto femoral**



**(b) Vasto lateral**



**Legenda:** (a) imagem com o contorno da AST do reto femoral; (b) imagem com o contorno da AST do vasto lateral.

Foi realizada uma análise de confiabilidade dessas medidas seguindo as orientações do estudo de Weir (2005). Foi utilizado os valores pré de cada sessão experimental. Para a AST do músculo reto femoral foi obtido um coeficiente de correlação intraclassa ( $CCI_{3k}$ ) de 0,997, erro padrão de medida (EPM) 0,1 cm<sup>2</sup>, coeficiente de variação (CV) de 0,89% e EPM relativo de 1,69%. Para a AST do músculo vasto lateral foi obtido um  $CCI_{3k}$  de 0,998, EPM 0,37 cm<sup>2</sup>, CV de 1,22% e EPM relativo de 1,72%. Essas medidas de confiabilidade corroboram com achados da literatura, onde foram encontrados CCI de 0,99 (Lacerda *et al.*, 2020).

Vale ressaltar que, o período de intervalo adotado entre as sessões (48 a 72 horas), permitiu que os valores da AST do reto femoral e vasto lateral estivessem próximos aos valores basais em todas as sessões, sem demonstrar diferença estatística significativa em uma análise de variância de um fator, como apresentado na TAB. 4.

**Tabela 4 – AST pré do reto femoral e vasto lateral entre as sessões de treinamento**

Protocolos	TFM	TNFM -10%	TNFM -20%	TNFM -30%	TNFM -40%	TNFM -50%	Valor p
<b>AST RF pré (cm<sup>2</sup>)</b>	14,43 ±	14,48 ±	14,43 ±	14,45 ±	14,38 ±	14,46 ±	>0,99
<b>Média ± DP</b>	2,47	2,43	2,42	2,43	2,27	2,43	
<b>AST VL pré (cm<sup>2</sup>)</b>	34,99 ±	34,92 ±	35,00 ±	34,91 ±	34,99 ±	34,96 ±	>0,99
<b>Média ± DP</b>	4,41	4,41	4,41	4,39	4,43	4,39	

**Legenda:** área de secção transversa (AST); reto femoral (RF); vasto lateral (VL); treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM); desvio padrão (DP).

### 2.5.7 Atividade eletromiográfica (EMG)

Para os registros da EMG, para o músculo reto femoral, foi realizada a marcação a 50% da distância entre a espinha íliaca anterossuperior e a borda superior da patela para colocação dos eletrodos bipolares. Para o músculo vasto lateral foi realizada a marcação a 2/3 (66%) da distância entre a espinha íliaca anterossuperior e o epicôndilo lateral do fêmur (Hermens *et al.*, 2000). A FIG. 10 mostra a marcação feita para a colocação dos eletrodos.

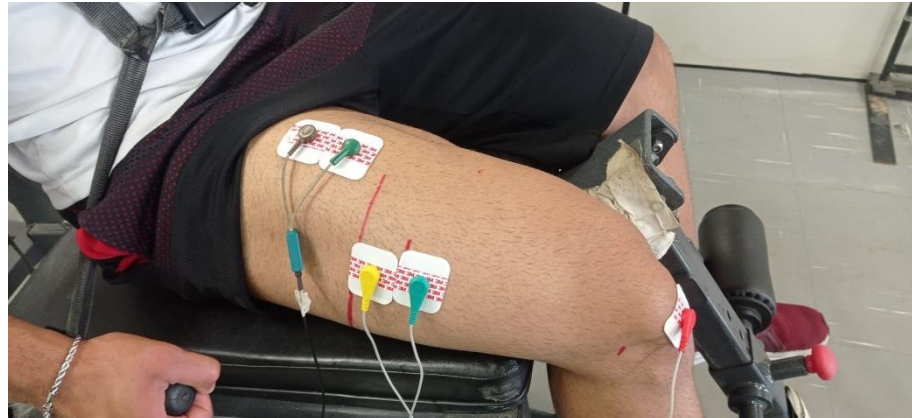
**Figura 10 – Marcação para colocação dos eletrodos**



**Legenda:** marcações em X para referenciar os locais para colocação dos eletrodos do reto femoral e vasto lateral.

Após as marcações, eletrodos de superfície foram posicionados paralelos às fibras musculares nos músculos reto femoral e vasto lateral. Inicialmente, a pele foi limpa com álcool e algodão e foi feita a raspagem de pelos com uma lâmina de barbear antes da colocação dos pares de eletrodos. Os pares de eletrodos foram colocados com uma distância de 2 cm de seus respectivos centros e o eletrodo terra foi colocado na patela (Hermens *et al.*, 2000). Na sequência, com os eletrodos posicionados, foi realizado um contorno desenhado com uma caneta semipermanente para registrar a posição dos eletrodos para a reprodutibilidade do mesmo posicionamento nas sessões seguintes (FIG. 11).

**Figura 11 – Posicionamento dos eletrodos**



**Legenda:** posicionamento dos eletrodos do reto femoral, vasto lateral e eletrodo terra localizado na patela.

A EMG foi registrada nos testes de CIVM e durante a realização de todos os protocolos experimentais. Todos os dados de EMG foram registrados e analisados através do *software* DASYLAB. A aquisição dos dados de EMG foi amplificada 500 vezes, filtrada (filtro passa-faixa de 4ª ordem de 20-500Hz do tipo *Butterworth*) e calculada a amplitude da EMG através RMS considerando cada uma das séries do treinamento. Este valor obtido foi dividido pela RMS encontrada durante o teste de CIVM e multiplicado por 100 (Lacerda *et al.*, 2020).

## 2.6 Análise estatística

Para a análise da EMG foi utilizada a RMS média das 4 séries que foram realizadas em cada sessão dos protocolos experimentais. Ou seja, foi realizada a relativização da RMS da série pela RMS do teste de CIVM, sendo assim, foi encontrado um valor relativo em cada série. Como foram realizadas 4 séries, foi utilizado a média desses valores relativos das quatro séries, para assim verificar o comportamento da EMG de cada protocolo experimental. Sendo assim, foram realizadas duas ANOVAS *one-way* com medidas repetidas para comparar os dados de EMG entre as sessões de treinamento, uma para cada músculo.

Para a análise do inchaço muscular foi utilizada a variação relativa da AST no momento pré para o momento pós realização dos protocolos (pós - pré / pré \*100). Sendo assim, foram utilizadas também duas ANOVAS *one-way* com medidas repetidas, uma para cada músculo.

Para todas as ANOVAs, quando necessário foi utilizado o *post hoc* de Bonferroni.

Para reportar o tamanho do efeito foi utilizado o *eta square* ( $\eta^2$ ). Das comparações par a par foi calculado o *d* de Cohen sendo classificados como, pequeno ( $d = 0.2 - 0.5$ ), médio ( $d = 0.5 - 0.8$ ) e grande ( $d > 0.8$ ) (Cohen, 1988). Foi investigada a normalidade e a esfericidade de todos os dados através dos testes Shapiro Wilk e Mauchly, respectivamente. Quando a esfericidade não foi atendida, foi utilizada a correção de Greenhouse-Geisser. Os dados descritivos estão apresentados como média, desvio padrão e intervalo de confiança. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no pacote estatístico SPSS versão 21 e os gráficos foram construídos no GraphPad Prism versão 8. O nível de significância adotado foi de 0,05.

### 3. RESULTADOS

Para o inchaço do reto femoral os dados não apresentaram distribuição normal para cada protocolo experimental, com isso, foi realizada uma transformação inversa dos dados ( $1 / \text{dado relativo individual}$ ) para que os mesmos atendessem o preceito da normalidade. Já para o inchaço do vasto lateral todos os dados apresentaram distribuição normal. Os dados de inchaço do reto femoral e vasto lateral não assumiram a esfericidade, sendo assim foi utilizada a correção de Greenhouse-Geisser.

Na análise do inchaço muscular do reto femoral, através da ANOVA *one-way* de medidas repetidas com o *post hoc* de Bonferroni, foi observado que todos os protocolos diferiram entre si ( $F_{1.44, 18.83} = 74,873$ ;  $\eta^2 = 0,85$ ;  $p < 0,001$ ). A TAB. 5 apresenta os dados descritivos do inchaço do reto femoral de cada protocolo, com seus respectivos resultados de média, desvio padrão e intervalo de confiança de 95% para a média.

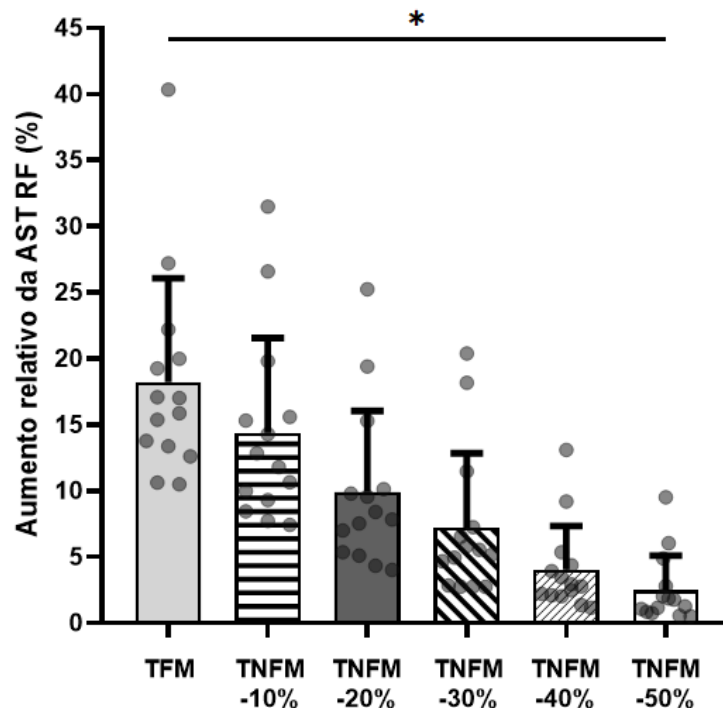
**Tabela 5 – Dados descritivos do inchaço do reto femoral**

Protocolo	Média (%)	Desvio Padrão (%)	IC (95%) (%)
TFM	18,22	7,84	13,69 a 22,75
TNFM -10%	14,37	7,18	10,22 a 18,51
TNFM -20%	9,92	6,11	6,38 a 13,44
TNFM -30%	7,21	5,63	3,95 a 10,45
TNFM -40%	4,02	3,31	2,10 a 5,93
TNFM -50%	2,49	2,60	0,99 a 3,99

**Legenda:** área de secção transversa (AST); intervalo de confiança (IC) treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM).

O gráfico 1 apresenta os dados descritivos médios e individuais do inchaço do reto femoral, bem como a análise inferencial considerando o *post hoc* de Bonferroni.

**Gráfico 1 – Inchaço do reto femoral**



**Legenda:** área de secção transversa (AST); reto femoral (RF); treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM).

(\*) todos os protocolos diferiram entre si ( $p < 0,05$ ).

A TAB. 6 apresenta os resultados das comparações par a par do inchaço do reto femoral com seus respectivos tamanhos de efeito.

**Tabela 6 – Comparações par a par do inchaço do reto femoral**

Comparações par a par	Diferença média (%)	Tamanho de efeito (d de Cohen)	Valor p
TFM vs. TNFM -10%	3,85	0,51	0,002
TFM vs. TNFM -20%	8,30	1,18	<0,001
TFM vs. TNFM -30%	11,01	1,61	<0,001
TFM vs. TNFM -40%	14,20	2,36	<0,001
TFM vs. TNFM -50%	15,73	2,69	<0,001
TNFM -10% vs. TNFM -20%	4,44	0,67	<0,001
TNFM -10% vs. TNFM -30%	7,15	1,11	<0,001
TNFM -10% vs. TNFM -40%	10,35	1,85	<0,001
TNFM -10% vs. TNFM -50%	11,87	2,20	<0,001
TNFM -20% vs. TNFM -30%	2,70	0,46	0,002
TNFM -20% vs. TNFM -40%	5,89	1,20	<0,001
TNFM -20% vs. TNFM -50%	7,42	1,58	<0,001
TNFM -30% vs. TNFM -40%	3,18	0,69	0,01
TNFM -30% vs. TNFM -50%	4,71	1,08	0,003
TNFM -40% vs. TNFM -50%	1,52	0,51	0,001

**Legenda:** área de secção transversa (AST); treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM); versus (vs.).

Na análise do inchaço muscular do vasto lateral, através da ANOVA *one-way* de medidas repetidas com o *post hoc* de Bonferroni, foi observado que todos os protocolos diferiram entre si ( $F_{1.53, 19.98} = 111,403$ ;  $\eta^2 = 0,90$ ;  $p < 0,001$ ). A TAB. 7 apresenta os dados descritivos do inchaço do vasto lateral de cada protocolo, com seus respectivos resultados de média, desvio padrão e intervalo de confiança de 95% para a média.

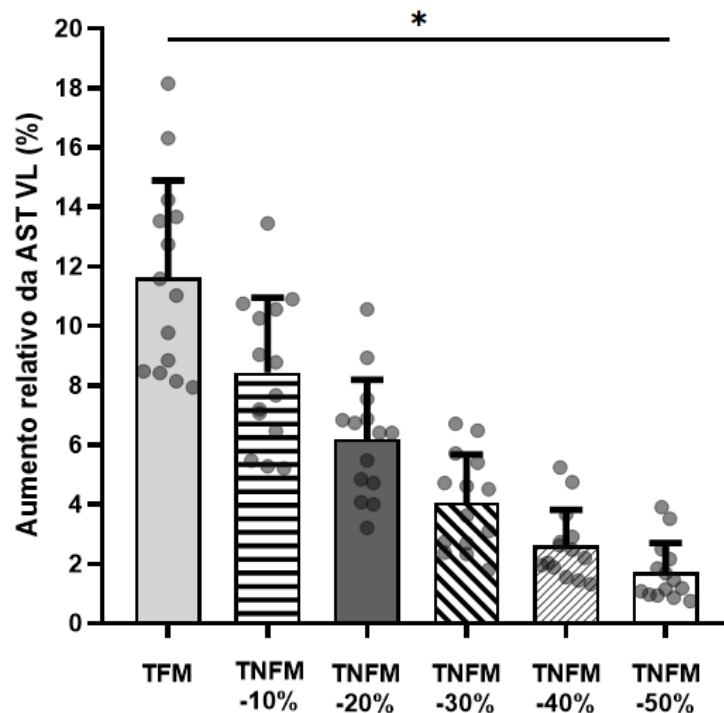
Tabela 7 – Dados descritivos do inchaço do vasto lateral

Protocolo	Média (%)	Desvio Padrão (%)	IC (95%) (%)
TFM	11,63	3,26	9,74 a 13,51
TNFM -10%	8,43	2,51	6,98 a 9,88
TNFM -20%	6,19	2,01	5,02 a 7,34
TNFM -30%	4,06	1,62	3,12 a 4,99
TNFM -40%	2,62	1,19	1,93 a 3,31
TNFM -50%	1,71	0,99	1,13 a 2,28

**Legenda:** área de secção transversa (AST); intervalo de confiança (IC); treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM).

O gráfico 2 apresenta os dados descritivos médios e individuais do inchaço do vasto lateral, bem como a análise inferencial considerando o *post hoc* de Bonferroni.

Gráfico 2 – Inchaço do vasto lateral



**Legenda:** área de secção transversa (AST); vasto lateral (VL); treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM).

(\*) todos os protocolos diferiram entre si ( $p < 0,05$ ).

A TAB. 8 apresenta os resultados das comparações par a par do inchaço do vasto lateral com seus respectivos tamanhos de efeito.

**Tabela 8 – Comparações par a par do inchaço do vasto lateral**

Comparações par a par	Diferença média (%)	Tamanho de efeito (d de Cohen)	Valor p
TFM vs. TNFM -10%	3,19	1,10	<0,001
TFM vs. TNFM -20%	5,44	2,01	<0,001
TFM vs. TNFM -30%	7,57	2,94	<0,001
TFM vs. TNFM -40%	9,00	3,67	<0,001
TFM vs. TNFM -50%	9,92	4,12	<0,001
TNFM -10% vs. TNFM -20%	2,24	0,99	<0,001
TNFM -10% vs. TNFM -30%	4,37	2,07	<0,001
TNFM -10% vs. TNFM -40%	5,81	2,96	<0,001
TNFM -10% vs. TNFM -50%	6,72	3,52	<0,001
TNFM -20% vs. TNFM -30%	2,12	1,17	<0,001
TNFM -20% vs. TNFM -40%	3,56	2,16	<0,001
TNFM -20% vs. TNFM -50%	4,47	2,83	<0,001
TNFM -30% vs. TNFM -40%	1,43	1,01	<0,001
TNFM -30% vs. TNFM -50%	2,34	1,75	<0,001
TNFM -40% vs. TNFM -50%	0,91	0,83	0,001

**Legenda:** área de secção transversa (AST); treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM); versus (vs.).

Todos os dados de EMG apresentaram distribuição normal. Os dados de EMG do reto femoral não assumiram a esfericidade, portanto foi utilizada a correção de Greenhouse-Geisser. Já os dados de EMG do vasto lateral assumiram a esfericidade.

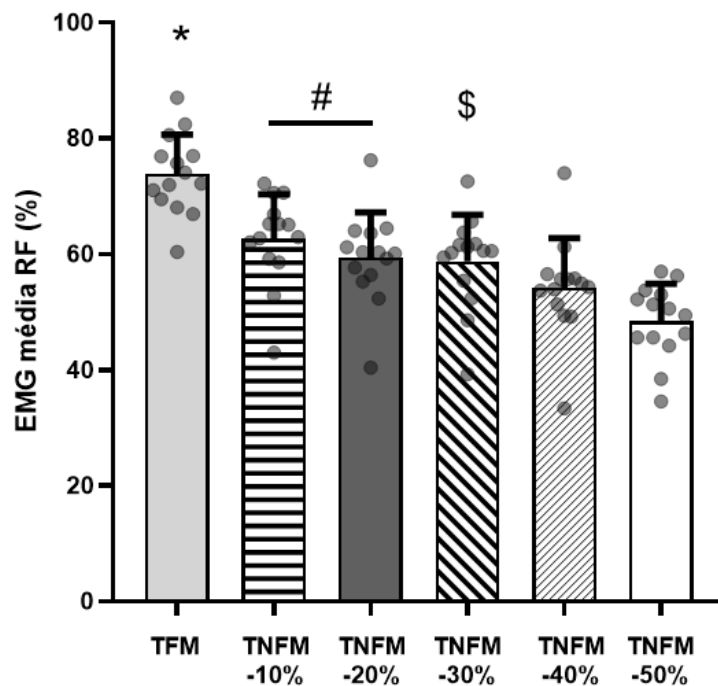
Na análise da EMG do reto femoral, através da ANOVA *one-way* de medidas repetidas com o *post hoc* de Bonferroni, foi observado uma diferença estatisticamente significativa ( $F_{2,96, 38,51} = 33,783$ ;  $\eta^2 = 0,72$ ;  $p < 0,001$ ), porém nem todos os protocolos diferiram entre si. A TAB. 9 apresenta os dados descritivos da EMG do reto femoral de cada protocolo, com seus respectivos resultados de média, desvio padrão e intervalo de confiança de 95% para a média.

**Tabela 9 – Dados descritivos EMG do reto femoral**

Protocolo	Média (%)	Desvio Padrão (%)	IC (95%) (%)
TFM	73,84	6,86	69,88 a 77,80
TNFM -10%	62,65	7,68	58,22 a 67,08
TNFM -20%	59,40	7,82	54,88 a 63,91
TNFM -30%	58,79	8,00	54,16 a 63,41
TNFM -40%	54,22	8,54	49,28 a 59,14
TNFM -50%	48,43	6,46	44,69 a 52,15

**Legenda:** atividade eletromiográfica (EMG); intervalo de confiança (IC); treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM).

O gráfico 3 apresenta os dados descritivos médios e individuais da EMG do reto femoral, bem como a análise inferencial considerando o *post hoc* de Bonferroni.

**Gráfico 3 – EMG do reto femoral**

**Legenda:** atividade eletromiográfica (EMG); reto femoral (RF); treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM).

(\*) maior que todos os outros protocolos ( $p < 0,05$ )

(#) maior que TNFM -40% e -50% ( $p < 0,05$ )

(\$) maior que TNFM -50% ( $p < 0,05$ )

A TAB. 10 apresenta os resultados das comparações par a par da EMG do reto femoral com seus respectivos tamanhos de efeito.

**Tabela 10 – Comparações par a par EMG do reto femoral**

Comparações par a par	Diferença média (%)	Tamanho de efeito (d de Cohen)	Valor p
TFM vs. TNFM -10%	11,19	1,54	0,004
TFM vs. TNFM -20%	14,45	1,96	<0,001
TFM vs. TNFM -30%	15,05	2,02	<0,001
TFM vs. TNFM -40%	19,63	2,53	<0,001
TFM vs. TNFM -50%	25,41	3,81	<0,001
TNFM -10% vs. TNFM -20%	3,25	0,42	>0,99
TNFM -10% vs. TNFM -30%	3,86	0,49	>0,99
TNFM -10% vs. TNFM -40%	8,43	1,04	0,02
TNFM -10% vs. TNFM -50%	14,22	2,00	<0,001
TNFM -20% vs. TNFM -30%	0,60	0,08	>0,99
TNFM -20% vs. TNFM -40%	5,18	0,63	<0,001
TNFM -20% vs. TNFM -50%	10,97	1,53	0,006
TNFM -30% vs. TNFM -40%	4,57	0,55	0,93
TNFM -30% vs. TNFM -50%	10,36	1,42	0,003
TNFM -40% vs. TNFM -50%	5,78	0,76	0,64

**Legenda:** atividade eletromiográfica (EMG); treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM); versus (vs.).

Na análise da EMG do vasto lateral, através da ANOVA *one-way* de medidas repetidas com o *post hoc* de Bonferroni, foi observada uma diferença estatisticamente significativa ( $F_{5, 65} = 43,973$ ;  $\eta^2 = 0,77$ ;  $p < 0,001$ ), porém nem todos os protocolos diferiram entre si. A TAB. 11 apresenta os dados descritivos da EMG do vasto lateral de cada protocolo, com seus respectivos resultados de média, desvio padrão e intervalo de confiança de 95% para a média.

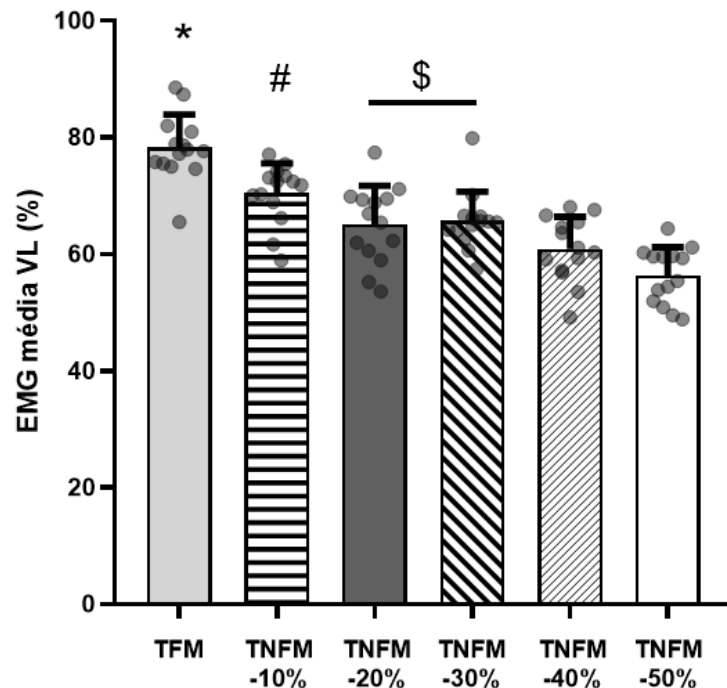
Tabela 11 – Dados descritivos EMG do vasto lateral

Protocolo	Média (%)	Desvio Padrão (%)	IC (95%) (%)
TFM	78,26	5,63	75,00 a 81,50
TNFM -10%	70,42	5,11	67,47 a 73,37
TNFM -20%	65,07	6,63	61,23 a 68,89
TNFM -30%	65,68	5,06	62,75 a 68,60
TNFM -40%	60,88	5,54	57,68 a 64,08
TNFM -50%	56,33	4,85	53,52 a 59,13

**Legenda:** atividade eletromiográfica (EMG); intervalo de confiança (IC); treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM).

O gráfico 4 apresenta os dados descritivos médios e individuais da EMG do vasto lateral, bem como a análise inferencial considerando o *post hoc* de Bonferroni.

Gráfico 4 – EMG do vasto lateral



**Legenda:** atividade eletromiográfica (EMG); vasto lateral (VL); treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM).

(\*) maior que TNFM -20%, -30%, -40% e -50% ( $p < 0,05$ )

(#) maior que TNFM -40% e -50%

(\$ ) maior que TNFM -50%

A TAB. 12 apresenta os resultados das comparações par a par da EMG do vasto lateral com seus respectivos tamanhos de efeito.

**Tabela 12 – Comparações par a par EMG do vasto lateral**

Comparações par a par	Diferença média (%)	Tamanho de efeito (d de Cohen)	Valor p
TFM vs. TNFM -10%	7,83	1,46	0,07
TFM vs. TNFM -20%	13,19	2,14	<0,001
TFM vs. TNFM -30%	12,58	2,35	<0,001
TFM vs. TNFM -40%	17,38	3,11	<0,001
TFM vs. TNFM -50%	21,93	4,17	<0,001
TNFM -10% vs. TNFM -20%	5,35	0,90	0,06
TNFM -10% vs. TNFM -30%	4,74	0,93	0,09
TNFM -10% vs. TNFM -40%	9,54	1,79	<0,001
TNFM -10% vs. TNFM -50%	14,09	2,83	<0,001
TNFM -20% vs. TNFM -30%	-0,61	0,10	>0,99
TNFM -20% vs. TNFM -40%	4,18	0,69	0,12
TNFM -20% vs. TNFM -50%	8,73	1,50	<0,001
TNFM -30% vs. TNFM -40%	4,79	0,90	0,06
TNFM -30% vs. TNFM -50%	9,34	1,89	<0,001
TNFM -40% vs. TNFM -50%	4,55	0,87	0,13

**Legenda:** atividade eletromiográfica (EMG); treinamento falha muscular (TFM); treinamento não falha muscular (TNFM); versus (vs.).

#### 4. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo comparar a resposta de inchaço muscular e EMG utilizando um protocolo de TFM e outros cinco protocolos de TNFM executados com um número de repetições 10, 20, 30, 40 e 50% menor que o TFM. Para o inchaço muscular, tanto para o músculo reto femoral quanto para o vasto lateral, os resultados do presente estudo demonstraram que todos os protocolos diferiram entre si ( $p < 0,05$ ). O TFM apresentou a maior resposta de inchaço muscular e em relação aos protocolos de TNFM, houve um aumento gradual do inchaço muscular com o aumento do número de repetições, confirmando as hipóteses alternativas. Em relação a EMG, para ambos os músculos, nem todos os protocolos diferiram entre si ( $p > 0,05$ ). Para o reto femoral, o TFM apresentou a maior resposta de EMG quando comparado com todos os protocolos de TNFM, confirmando H1. Já para o vasto lateral, o TFM diferiu de todos os protocolos de TNFM, exceto do TNFM -10%, não havendo evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula. Em relação aos protocolos de TNFM, para ambos os músculos, baixas reduções no número de repetições (TNFM -10, -20 e -30%), não apresentaram evidências suficientes para se rejeitar a hipótese nula, não diferindo entre si.

No presente estudo foi observado um aumento gradual na EMG quando realizado o TFM, embora para o músculo vasto lateral não tenha apresentado diferença estatística significativa comparado ao TNFM -10%. Um dos mecanismos que explica o aumento na EMG é a fadiga muscular. Pois, à medida que se aproxima da fadiga muscular, ocorre a necessidade de aumentar o recrutamento de unidades motoras para manter a força necessária para manter o desempenho em uma tarefa (Conwit *et al.*, 2000). Sendo assim, é esperado que o TFM gere maiores respostas na EMG, como mostrado em outros estudos na literatura (Looney *et al.*, 2016; Gomes *et al.*, 2021). Sundstrup *et al.* (2012) observaram que ao longo da realização de 15 RM, houve um aumento gradual da EMG. Nesse estudo, 15 mulheres destreinadas realizaram uma série com intensidade alta (3 RM) e uma série com intensidade baixa (aproximadamente 15 RM), durante o exercício de abdução de ombro com banda elástica. Os autores encontraram que, quando o exercício foi realizado com uma resistência maior (3 RM) a EMG foi maior durante a primeira repetição, porém quando o exercício foi realizado com uma resistência

menor até a FM (~15 RM), a EMG foi maior durante as últimas repetições para todos os músculos analisados, que foram o deltoide, trapézio, esplênio e infraespinoso. Os autores destacam que foi atingido um platô na ativação muscular com aproximadamente 10-12 repetições das 15 RM realizadas, indicando que um nível máximo de EMG pode ser atingido 3-5 repetições antes da FM. Inclusive, os autores relataram que o treinamento até a falha muscular não é necessário para recrutar inteiramente todo o conjunto de unidades motoras em mulheres destreinadas (Sundstrup *et al.*, 2012). Diferentemente do estudo de Sundstrup *et al.* (2012), o presente estudo não encontrou um platô na EMG nas últimas repetições antes da FM. Embora, para a EMG do vasto lateral, a diferença entre o TFM e TNFM -10% apesar de não significativa estatisticamente, foi limítrofe ( $p = 0,07$ ) e teve um tamanho do efeito grande ( $d = 1,46$ ). Um aspecto que poderia explicar essa diferença é o estado de treinamento, pois no estudo de Sundstrup *et al.* (2012) foram selecionadas mulheres destreinadas e isso pode influenciar tanto no recrutamento quanto na sincronização das unidades motoras e foi realizado também somente uma série do exercício. No presente estudo foram selecionados indivíduos treinados e foram realizadas séries múltiplas, o que pode aumentar o acúmulo de fadiga ao longo das séries, fazendo com que o TFM apresentasse maiores respostas na EMG.

No presente estudo, em relação aos protocolos de TNFM, baixas reduções no número de repetições, como por exemplo TNFM -10, -20 e -30%, não diferiram entre si para a EMG. Geralmente há um aumento mais expressivo da EMG quando se aproxima da FM (Gomes *et al.*, 2021) e como no presente estudo foi feita uma análise da EMG média das 4 séries realizadas, as diferenças das últimas repetições podem ter se diluído devido a variabilidade do procedimento. O que difere do estudo de Sundstrup *et al.* (2012), onde encontraram um aumento praticamente linear ao longo do aumento do número de repetições, porém, os autores não realizaram séries múltiplas, como no presente estudo e, todo procedimento foi registrado num único dia de coleta. Outra perspectiva que poderia ajudar a explicar essa refutação da H2 do presente estudo é que, ocorreu uma diferença média de 3 repetições entre cada protocolo (TAB. 3) e essa diferença entre os protocolos de TNFM citados, provavelmente não gerou um esforço suficiente para recrutar unidades motoras adicionais para manter a contração muscular, visto que os indivíduos não atingiram a FM (Conwit *et al.*, 2000). Por isso, quando os indivíduos realizaram o TFM, houve um aumento mais expressivo na EMG, devido os

voluntários terem feito um esforço máximo, corroborando com o estudo de Sakamoto e Sinclair (2012), que investigaram 13 homens treinados realizando o exercício supino reto até a FM. Neste estudo, houve aumento da EMG à medida que se aproximava da fadiga. Esse aumento da EMG foi atribuído a um recrutamento progressivo de unidades motoras adicionais para compensar a redução da força contrátil das fibras fatigadas (Sakamoto; Sinclair, 2012). Corroborando com essa perspectiva, Gomes *et al.* (2021) realizaram séries múltiplas no exercício supino reto com indivíduos treinados e encontraram que o TFM gerou maior resposta de EMG quando comparado com o TNFM. Inclusive os autores destacam que as últimas repetições apresentaram maior EMG do que as primeiras repetições, permitindo assim inferir que houve um recrutamento progressivo de unidades motoras à medida em que se aproximava da FM. Diferindo do presente estudo, o protocolo de TNFM adotado por Gomes *et al.* (2021) foi realizado com 3 séries de 6 repetições. Já no presente estudo foram realizados vários protocolos de TNFM baseados no TFM do próprio indivíduo, o que até o momento ainda não tinha sido realizado na literatura. Sendo assim, como citado anteriormente, essa diferença média de 3 repetições entre os protocolos de TNFM -10, -20 e -30% não foi suficiente para gerar diferenças estatisticamente significativas na EMG entre esses protocolos.

Diferentemente da EMG, para o inchaço muscular, no presente estudo todos os protocolos diferiram entre si. Inclusive, todos os protocolos de TNFM também diferiram entre si. Pensando que o inchaço muscular é advindo da entrada de líquido para o meio intracelular, essa entrada de líquido para o meio intracelular pode ser verificada também através da AST medida com  $T_2$ . O estudo de Yue *et al.* (1994) teve como objetivo determinar o número mínimo de repetições que eram necessárias para detectar um aumento em  $T_2$  em uma dada intensidade de exercício. Foi observado que com uma intensidade de 80% do máximo, houve aumento em  $T_2$  após duas repetições para a cabeça curta do bíceps braquial e após cinco repetições para os músculos braquial e a cabeça longa do bíceps braquial. Já com uma intensidade de 25% do máximo, houve aumento em  $T_2$  após cinco repetições para a cabeça curta do bíceps braquial e após dez repetições para os músculos braquial e a cabeça longa do bíceps braquial. Inclusive, os autores relataram que  $T_2$  aumentou de maneira linear com o número de repetições para cada um dos músculos flexores do cotovelo em qualquer intensidade ( $r^2 \geq 0,97$ ;  $p < 0,001$ ) (Yue *et al.*, 1994). Sendo assim, no presente estudo optou-se por analisar

dois músculos, visto que a literatura tem verificado respostas diferentes entre o aumento do número de repetições e  $T_2$ . Portanto, os achados encontrados por Yue *et al.* (1994) ajudam a explicar os resultados encontrados no presente estudo, até mesmo para os protocolos de TNFM. Pois, se essa entrada de líquido para o meio intracelular aumenta de maneira linear com o número de repetições, seria esperado que quanto mais repetições realizadas, maior seria a entrada de líquido para o meio intracelular e isso iria gerar um aumento no volume da célula, culminando em um inchaço da célula muscular.

O inchaço muscular também é advindo do acúmulo do subproduto do metabolismo como o lactado que também pode atrair líquido adicional para o meio intracelular (Sjogaard; Saltin, 1982). Foi observado por Gorostiaga *et al.* (2012) que o exercício realizado com 5 séries de 10RM gerou redução nos estoques de ATP e creatina fosfato e aumento na concentração de lactato quando comparado com o TNFM realizado com 10 séries de 5 repetições, mostrando que o exercício conduzido até a FM gerou maior acúmulo de metabólitos quando comparado com o TNFM. Inclusive, tem sido observado na literatura que protocolos realizados com maior número de repetições e séries múltiplas, geram maior demanda energética, resultando em maior acúmulo de lactato (Lacerda *et al.*, 2016). Isso ajuda a explicar os resultados encontrados no presente estudo onde quanto mais próximo da FM, houve maior inchaço muscular. Inclusive, em relação aos protocolos de TNFM adotados no presente estudo, essa diferença média de 3 repetições entre esses protocolos, foi suficiente para promover respostas estatisticamente significativas no inchaço muscular, visto que essa resposta aumenta devido ao aumento no número de repetições realizadas (Yue *et al.*, 1994).

Outro mecanismo que poderia ajudar a explicar esse desfecho é que no músculo, as fibras de contração rápida são particularmente sensíveis a alterações osmóticas, supostamente relacionadas à sua alta concentração de canais de transporte de água chamados de aquaporina-4 (Frigeri *et al.*, 1998). A aquaporina-4 é fortemente expressa no sarcolema de fibras de contração rápida glicolíticas de mamíferos, facilitando a entrada de líquido na célula (Frigeri *et al.*, 1998). Portanto, vale ressaltar que no TFM há uma maior contribuição das fibras de contração rápida glicolíticas. Sendo assim, possivelmente, quanto mais próximo da FM mais fibras de contração rápida são ativadas, facilitando a entrada de líquido para o meio intracelular, podendo então ter maior contribuição para o inchaço muscular.

Entretanto, até o momento, nenhum estudo na literatura buscou investigar a resposta de inchaço muscular com o aumento do número de repetições. Como observado por Yue *et al.* (1994) que ocorre uma entrada de líquido para o meio intracelular de forma linear com o aumento do número de repetições e protocolos realizados com maior número de repetições geram maior concentração de lactato (Lacerda *et al.*, 2016). Visto que, esses mecanismos influenciam no inchaço muscular, permite-se então hipotetizar que os protocolos de TNFM com maior número de repetições teriam maiores respostas de inchaço muscular, o que foi confirmado com o presente estudo.

Até o momento, nenhum estudo investigou a proximidade da FM como no presente estudo, fazendo reduções relativas referente a cada série do TFM. Estudos anteriores haviam investigado a proximidade da FM através da escala de repetições de reserva (ERR) (Ruple *et al.*, 2023; Refalo *et al.*, 2024). A ERR é definida como o número de repetições completas que o indivíduo acredita que poderia realizar antes de atingir a FM (Zourdos *et al.*, 2016). Onde uma ERR de 0 seria o número de repetições máximas, ou seja, ao término da série o indivíduo acredita que não seria capaz de realizar nenhuma repetição adicional, uma ERR de 1 equivale a parar 1 repetição antes da FM, uma ERR de 2 equivale a parar 2 repetições antes da FM e assim por diante (Zourdos *et al.*, 2016). Porém, a ERR é um método subjetivo, pois requer da experiência do indivíduo com esforços máximos, percepção de desconforto e exercícios realizados (Hackett *et al.*, 2012). Nesse sentido, o presente estudo adotou a estratégia de fazer essas respectivas reduções do número de repetições referente a cada série do TFM, visando ter um controle da proximidade da FM de forma mais precisa. Pois, o indivíduo em uma sessão realizava o TFM e nas demais sessões reduzia-se o número de repetições referente a cada série do TFM do próprio indivíduo. Visto que, o próprio indivíduo varia o número máximo de repetições realizadas em diferentes sessões, foi realizada uma análise de confiabilidade entre o número de repetições realizadas na sessão de familiarização do TFM com a sessão experimental do TFM e foi obtido um  $CCI_{3k}$  de 0,816, EPM de 1,59 e EPM% de 5,31.

O presente estudo apresenta limitações, como a amostra selecionada que foi composta somente por homens. Tem sido observada uma resposta de ativação muscular, de certa forma um pouco diferente em mulheres, como mostrado por Sundstrup *et al.* (2012) que encontraram um platô na ativação muscular nas 3-5

repetições antes de atingir a FM, o que diferiu do presente estudo. Portanto, sugere-se para estudos futuros compararem indivíduos de ambos os sexos para verificar o comportamento das respostas de inchaço muscular e EMG diante das diferenças biológicas. Outra limitação do presente estudo foi ter realizado a avaliação do inchaço muscular somente em uma região dos músculos reto femoral e vasto lateral. Pois, tem sido observado na literatura, diferentes respostas de ativação muscular em diferentes regiões ao longo do comprimento do músculo (Wakahara *et al.*, 2012; Wakahara *et al.*, 2015). Sendo assim, sugere-se para estudos futuros a avaliação do inchaço muscular em diferentes regiões ao longo do comprimento do músculo, com a perspectiva de verificar esse comportamento intramuscular ao longo de diferentes números de repetições.

## **5. CONCLUSÃO**

Para o inchaço muscular, os resultados do presente estudo mostraram que o TFM gerou as maiores respostas e que, em relação aos protocolos de TNFM, com o aumento do número de repetições, à medida que vai se aproximando da FM, ocorre um aumento gradual do inchaço muscular tanto para o reto femoral quanto para o vasto lateral.

Já para a EMG, os resultados do presente estudo mostraram que, para o músculo reto femoral o TFM gerou as maiores respostas quando comparado a todos os protocolos de TNFM. Além disto, para ambos os músculos, nos protocolos de TNFM, baixas reduções no número de repetições, como por exemplo, -10, -20 e -30%, não diferiram entre si, sugerindo que essas respectivas reduções referentes ao TFM parecem não influenciar na ativação muscular.

## REFERÊNCIAS

- 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.
- ADAMS, G. R.; DUVOISIN, M. R.; DUDLEY, G. A. Magnetic resonance imaging and electromyography as indexes of muscle function. **Journal of Applied Physiology**, v. 73, n. 4, p. 1578-1583, 1992.
- BECK, T. W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 8, p. 2323-2337, 2013.
- COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences (2<sup>nd</sup> ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1988.
- CONWIT, R. A.; STASHUK, D.; SUZUKI, H.; LYNCH, N.; SCHRAGER, M.; METTER, J. Fatigue effects on motor unit activity during submaximal contractions. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 81, n. 9, p. 1211-1216, 2000.
- CORREA, C. S.; SILVA, B. G. C.; ALBERTON, C. L.; WILHELM, E. N.; MORAES, A. C.; LIMA, C. S.; PINTO, R. S. Análise da força isométrica máxima e do sinal de EMG em exercícios para os membros inferiores. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desenvolvimento Humano**, v. 13, n. 6, p. 429-435, 2011.
- DINIZ, R. C. R.; COSTA, H. C. M.; 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.
- DINIZ, R. C. R.; TOURINO, F. D.; LACERDA, L. T.; COSTA, H. C. M.; LANZA, M. B.; LIMA, F. V.; CHAGAS, M. H. Does the muscle action duration induce different regional muscle hypertrophy in matched resistance training protocols? **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 36, n. 9, p. 2371-2380, 2020.
- DRINKWATER, E. J.; LAWTON, T. W.; LINDSELL, R. P.; PYNE, D. B.; HUNT, P. H.; McKENNA, M. J. Training leading to repetition failure enhances bench press strength gains in elite junior athletes. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 2, p. 382-388, 2005.
- EGAN, B.; SHARPLES, A. P. Molecular responses to acute exercise and their relevance for adaptations in skeletal muscle to exercise training. **Physiological Reviews**, v. 103, n. 3, p. 2057-2170, 2023.
- FRIGERI, A.; NICCHIA, G. P.; VERBAVATZ, J. M.; VALENTI, G.; SVELTO, M. Expression of aquaporin-4 in fast-twitch fibers of mammalian skeletal muscle. **The Journal of Clinical Investigation**, v. 102, n. 4, p. 695-703, 1998.
- GOMES, M. C.; LACERDA, L. T.; SIMÕES, M. G.; DINIZ, R. C. R.; CHAGAS, M. H.; LIMA, F. V. Repetitions to failure increase pectoralis major activation with similar

neuromuscular fatigue in trained men. **Journal of Physical Education**, v. 32, n. 1, 2021.

GOROSTIAGA, E. M.; NAVARRO-AMÉZQUETA, I.; CALBET, J. A. L.; HELLSTEN, Y.; CUSSO, R.; GUERRERO, M.; GRANADOS, C.; GONZÁLEZ-IZAL, M.; IBANEZ, J.; IZQUIERDO, M. Energy metabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not. **PLoS One**, v. 7, n. 7, 2012.

HACKETT, D. A.; JOHNSON, N. A.; HALAKI, M.; CHOW, C. M. A novel scale to assess resistance exercise effort. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 13, p. 1405-1413, 2012.

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; KLUG, C. D.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361-374, 2000.

IZQUIERDO, M.; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; HAKKINEN, K.; IBÁÑEZ, J.; KRAEMER, W. J.; ALTADILL, A.; ESLAVA, J.; GOROSTIAGA, E. M. Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 9, p. 718-724, 2006.

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

JACOBSON, B. Reach failure to gain success. **National Strength Coaches Association**, v. 3, n. 2, p. 24-25, 1981.

JEHENSON, P.; WILLIG, A. L.; KERVILER, E.; DUBOC, D.; SYROTA, A. MR imaging as a potential diagnostic test for metabolic myopathies: importance of variations in the T<sub>2</sub> of muscle with exercise. **American Journal of Roentgenology**, v. 161, n. 2, p. 347-351, 1993.

KINGSLEY, J. D.; FIGUEROA, A. Acute and training effects of resistance exercise on heart rate variability. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 3, p. 179-187, 2016.

KONRAD, P. **The abc of emg**. A practical introduction to kinesiological eletromyographic. v. 1, 2005.

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

LACERDA, L. T.; LOPES, R. O. M.; DINIZ, R. C. R.; LIMA, F. V.; RODRIGUES, S. A.; COSTA, H. C. M.; BEMBEN, M. G.; CHAGAS, M. H. Is performing repetitions to failure less important than volume for muscle hypertrophy and strength? **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 5, p. 1237-1248, 2020.

LOONEY, D. P.; KRAEMER, W. J.; JOSEPH, M. F.; COMSTOCK, B. A.; DENEGAR, C. R.; FLANAGAN, S. D.; NEWTON, R. U.; SZIVAK, T. K.; DUPONT, W. H.; HOOPER, D. R.; HAKKINEN, K.; MARESH, C. M. Electromyographical and perceptual responses to different resistance intensities in a squat protocol: does performing sets to failure with light loads produce the same activity? **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 3, p. 792-799, 2016.

NOORKOIV, M.; NOSAKA, K.; BLAZEIVICH, A. J.. Assessment of quadriceps muscle cross-sectional area by ultrasound extended-field-of-view Imaging. **European Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 4, p. 631-639, 2010.

REFALO, M. C.; HELMS, E. R.; HAMILTON, D. L.; FYFE, J. J. Towards an improved understanding of proximity-to-failure in resistance training and its influence on skeletal muscle hypertrophy, neuromuscular fatigue, muscle damage and perceived discomfort: A scoping review. **Journal of Sports Sciences**, v. 40, n. 12, p. 1369-1391, 2022.

REFALO, M. C.; HELMS, E. R.; HAMILTON, D. L.; FYFE, J. J. Influence of resistance training proximity to failure, determined by repetitions in reserve, on neuromuscular fatigue in resistance trained males and females. **Sports Medicine**, v. 9, n. 1, 2023.

REFALO, M. C.; HELMS, E. R.; ROBINSON, Z. P.; HAMILTON, D. L.; FYFE, J. J. Similar muscle hypertrophy following eight weeks of resistance training to momentary muscular failure or with repetitions in reserve in resistance trained individuals. **Journal of Sports Sciences**, v. 42, n. 1, p. 85-101, 2024.

RITSCHKE, P.; SCHMID, R.; FRANCHI, M. V.; FAUDE, O. Agreement and reliability of lower limb muscle architecture measurements using a portable ultrasound device. **Frontiers in Physiology**, v. 13, 2022.

ROONEY, K. J.; HERBERT, R. D.; BALNAVE, R. J. Fatigue contributes to the strength training stimulus. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 26, n. 9, p. 1160-1164, 1994.

RUPLE, B. A.; PLOTKIN, D. L.; SMITH, M. A.; GODWIN, J. S.; SEXTON, C. L.; MCINTOSH, M. C.; KONTOS, N. J.; BEAUSEJOUR, J. P.; PAGAN, J. I.; RODRIGUEZ, J. P.; SHELDON, D.; KNOWLES, K. S.; LIBARDI, C. A.; YOUNG, K. C.; STOCK, M. S.; ROBERTS, M. D. The effects of resistance training to near failure on strength, hypertrophy, and motor unit adaptations in previously trained adults. **Physiological Reports**, v. 11, n. 9, 2023.

SAKAMOTO, A.; SINCLAIR, P. J. Muscles activations under varying lifting speeds and intensities during bench press. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 3, p. 1015-1025, 2012.

SCHOENFELD, B. J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n.10, p. 2857-2872, 2010.

SCHOTT, J.; MCCULLY, K.; RUTHERFORD, O. M. The role of metabolites in strength training. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 71, n. 4, p. 337-341, 1995.

SJOGAARD, G.; SALTIN, B. Extra and intracellular water spaces in muscles of man at rest and with dynamic exercise. **American Journal of Physiology**, v. 243, n. 3, p. 271-280, 1982.

SJOGAARD, G.; ADAMS, R. P.; SALTIN, B. Water and ion shifts in skeletal muscle of humans with intense dynamic knee extension. **American Journal of Physiology**, v. 248, n. 2, p. 190-196, 1985.

STEELE, J.; FISHER, J.; GIESSING, J.; GENTIL, P. Clarity in reporting terminology and definitions of set end points in resistance training. **Muscle & Nerve**, v. 56, n. 3, p. 368-374, 2017.

SUCHOMEL, T. J.; NIMPHIUS, S.; BELLON, C. R.; STONE, M. H. The importance of muscular strength: Training Considerations. **Sports Medicine**, v. 48, n. 4, p. 765-785, 2018.

SUNDSTRUP, E.; JAKOBSEN, M. D.; ANDERSEN, C. H.; ZEBIS, M. T.; MORTENSEN, O. S.; ANDERSEN, L. L. Muscle activation strategies during strength training with heavy loading vs. repetitions to failure. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 7, p. 1897-1903, 2012.

TURKER, K. S. Electromyography: some methodological problems and issues. **Physical Therapy & Rehabilitation Journal**, v. 73, n. 10, p. 698-710, 1993.

VIEIRA, J. G.; SARDELI, A. V.; DIAS, M. R.; FILHO, J. E.; CAMPOS, Y.; SANTANA, L.; LEITÃO, L.; REIS, V.; WILK, M.; NOVAES, J.; VIANA, J. Effects of resistance training to muscle failure on acute fatigue: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 52, n. 5, p. 1103-1125, 2022.

VIGOTSKY, A. D.; HALPERIN, I.; LEHMAN, G. J.; TRAJANO, G. S.; VIEIRA, T. M. Interpreting signal amplitudes in surface electromyography studies in sport and rehabilitation sciences. **Frontiers in Physiology**, v. 4, n. 8, 2018.

WAKAHARA, T.; MIYAMOTO, N.; SUGISAKI, N.; KOICHIRO, M.; 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.; 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**, v. 37, n. 4, p. 405-412, 2015.

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

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Global recommendations on physical activity for health. Geneva, 2010.

YUE, G.; ALEXANDER, A. L.; LAIDLAW, D. H.; GMITRO, A. F.; UNGER, E. C.; ENOKA, R. M. Sensitivity of muscle proton spin-spin relaxation time as an index of muscle activation. **Journal of Applied Physiology**, v. 77, n. 1, p. 84-92, 1994.

ZOURDOS, M. C.; KLEMP, A.; DOLAN, C.; QUILES, J. M.; SCHAU, K. A.; JO, E.; HELMS, E.; ESGRO, B.; DUNCAN, S.; MERINO, S. G.; BLANCO, R. Novel resistance training-specific rating of perceived exertion scale measuring repetitions in reserve. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 1, p. 267-275, 2016.

## APÊNDICE A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Venho, por meio deste convidá-lo a participar da pesquisa intitulada “*Efeito agudo do treinamento de força realizado em diferentes proximidades da falha muscular no inchaço muscular e na atividade eletromiográfica em homens treinados*” que será realizada no Laboratório do Treinamento na Musculação (LAMUSC) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG sob responsabilidade do pesquisador Prof. Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz.

A pesquisa consistirá na realização de 8 sessões de coleta, sendo 2 sessões de familiarizações e testes (duração aproximada 1 hora) e 6 sessões de treinamento em um exercício de extensão de joelhos (duração aproximada de 1 hora). Em todas as sessões, você deverá se dirigir ao Laboratório do Treinamento em Musculação da EEEFTO – UFMG para que seja realizada a coleta. Buscar-se-á com este estudo analisar o efeito agudo de diferentes protocolos de treinamento com diferentes proximidades da falha muscular no inchaço muscular, na atividade eletromiográfica. Para que seja possível realizar tais avaliações, será necessário que você seja submetido à testes de força máxima no banco extensor de joelhos (este exercício é comumente utilizado na prática), a exames de ultrassonografia da coxa e utilização de eletrodos de superfície na coxa. Para a colocação dos eletrodos na coxa, será necessário realizar a tricotomização (raspagem dos pêlos) no local de fixação.

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 procuram 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 bem como das informações sobre sua capacidade de força e composição corporal.

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. Caso ocorra algum trauma/lesão decorrente de realização dos protocolos de treinamento, os pesquisadores acionarão o Serviço Médico de Atendimento de Urgência (SAMU). Em caso de danos provenientes da pesquisa, o voluntário poderá buscar indenização nos termos da Resolução 466/2012 estabelecida pelo Conselho Nacional de Saúde.

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 de massa, estatura, percentual de gordura, inchaço muscular e atividade eletromiográfica serão disponibilizados para você ao final da pesquisa. Contudo, deve ser ressaltado que os pesquisadores podem decidir não utilizar seus dados no estudo por razões científicas.

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. 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.

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 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](mailto:coep@prpq.ufmg.br). Para qualquer dúvida referente aos aspectos metodológicos que envolvem a sua participação nessa pesquisa, por favor, entre em contato com o pesquisador responsável pelo estudo: Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz, tel.: 99212 2366, email: [rodrigocrd@hotmail.com](mailto:rodrigocrd@hotmail.com).

Após ter todas as suas dúvidas esclarecidas pelo pesquisador responsável, 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 ao pesquisador responsável.

## **CONSENTIMENTO**

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito de todos os dados que li e concordo, voluntariamente, em participar do estudo “*Efeito agudo do treinamento de força realizado em diferentes proximidades da falha muscular no inchaço muscular e na atividade eletromiográfica em homens treinados*”, 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 2023

Assinatura do voluntário:

---

Nome do voluntário:

---

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

---

Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz

Professor Adjunto no Departamento de Esportes – EEEFTO/ UFMG

**APÊNDICE B: Anamnese para inclusão dos voluntários**

- 1- Quanto tempo de experiência com o treinamento de força?
- 2- Teve alguma lesão musculoesquelética nos membros inferiores, coluna ou pelve nos últimos seis meses?  SIM  NÃO  
Qual?
- 3- Faz uso de anabolizante?  SIM  NÃO
- 4- Tem algum problema cardíaco?  SIM  NÃO  
Qual?

## Anexo 1 – parecer de aceitação do COEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MINAS GERAIS



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Efeito agudo do treinamento de força realizado em diferentes proximidades da falha muscular no inchaço muscular, atividade eletromiográfica, creatina quinase e na temperatura da superfície da pele em homens treinados

**Pesquisador:** Rodrigo César Ribeiro Diniz

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 72597123.7.0000.5149

**Instituição Proponente:** Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 6.410.210

#### Apresentação do Projeto:

Estudo com abordagem de tipo experimental que irá comparar a resposta de inchaço muscular, EMG, CK e temperatura da superfície da pele utilizando um protocolo de treinamento de força realizado até a falha muscular (TFM) e outros cinco protocolos de de creatina quinase (CK) e temperatura da superfície da pele quando comparado com o (TNFM) executados com um número de repetições 10, 20, 30, 40 e 50% menor que o TFM.

Na metodologia descrita no TCLE, o pesquisador relata que o protocolo de coleta de dados consistirá na realização de 8 sessões de coleta, sendo 2 sessões de familiarizações e testes (duração aproximada 1 hora) e 6 sessões de treinamento em um exercício de extensão de joelhos (duração aproximada de 1 hora). Todas as sessões, os voluntários deverão se dirigir ao Laboratório do Treinamento em Musculação da

**Endereço:** Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha  
**Bairro:** Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901  
**UF:** MG **Município:** BELO HORIZONTE  
**Telefone:** (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br