

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS**

**LETÍCIA GONTIJO DE LIMA**

**ANÁLISE TRANSVERSAL DA ATIVIDADE MUSCULAR, RESPOSTA TÉRMICA E  
FORÇA DE PREENSÃO PALMAR EM DIFERENTES FAIXAS ETÁRIAS NO  
CONTEXTO DA SARCOPENIA**

**ALFENAS/MG**

**2025**

**LETÍCIA GONTIJO DE LIMA**

**ANÁLISE TRANSVERSAL DA ATIVIDADE MUSCULAR, RESPOSTA TÉRMICA E  
FORÇA DE PREENSÃO PALMAR EM DIFERENTES FAIXAS ETÁRIAS NO  
CONTEXTO DA SARCOPENIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Fisioterapia pela Universidade Federal de Alfenas.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Adriana Teresa Silva Santos

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andreia Maria Silva Vilela Terra

**ALFENAS**

**2025**

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas  
Biblioteca Unidade Educacional Santa Clara

Lima, Leticia Gontijo de .

Análise transversal da atividade elétrica, resposta térmica e força de  
preensão palmar em diferentes faixas etárias no contexto da sarcopenia /  
Leticia Gontijo de Lima. - Alfenas, MG, 2025.

37 f. : il. -

Orientador(a): Adriana Teresa Silva Santos.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) -  
Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2025.

Bibliografia.

1. Eletromiografia . 2. Termografia. 3. Biomecânica. 4. Envelhecimento.  
5. Sarcopenia. I. Santos, Adriana Teresa Silva, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

**LETÍCIA GONTIJO DE LIMA**

**ANÁLISE TRANSVERSAL DA ATIVIDADE MUSCULAR, RESPOSTA TÉRMICA E  
FORÇA DE PREENSÃO PALMAR EM DIFERENTES FAIXAS ETÁRIAS NO  
CONTEXTO DA SARCOPENIA**

A Presidente da banca examinadora abaixo assina a aprovação do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Fisioterapia pela Universidade Federal de Alfenas.

Aprovada em: 28 de Novembro de 2025

Profª. Dra. Adriana Teresa Silva Santos

Universidade Federal de Alfenas


Profª. Dra. Dayane Capra de Oliveira

Universidade Federal de Alfenas

Me. Tatyane Rodrigues Morais Pessoa

Universidade Federal de Alfenas

Assinatura:

Documento assinado digitalmente  
 **ADRIANA TERESA SILVA SANTOS**  
Data: 10/12/2025 05:40:49-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

## RESUMO

O envelhecimento populacional é um fenômeno crescente em escala mundial e, esse aumento expressivo traz como consequência um crescimento no número de idosos que, embora vivam mais, enfrentam déficits funcionais e de autonomia, o que amplia a demanda por cuidados e torna a sarcopenia — perda progressiva de massa e força muscular — um dos principais problemas de saúde pública. As alterações fisiológicas e bioquímicas associadas ao envelhecimento envolvem o aumento do estresse oxidativo, a disfunção mitocondrial, o encurtamento dos telômeros e a redução hormonal anabólica, fatores que contribuem para a degeneração muscular e o declínio funcional. No Brasil, a prevalência média de sarcopenia é de 17% entre idosos, sendo mais alta em mulheres, e sua detecção precoce é essencial para reduzir impactos na qualidade de vida e nos custos com saúde pública. O estudo teve como objetivo comparar a atividade eletromiográfica dos músculos gastrocnêmios medial e lateral, a temperatura superficial da panturrilha e a força de preensão manual entre diferentes faixas etárias, buscando identificar alterações funcionais relacionadas ao envelhecimento e ao risco de sarcopenia. Também foram avaliados parâmetros antropométricos, cognitivos e musculares, além do rastreamento da sarcopenia pelo questionário SARC-F. Trata-se de um estudo transversal, realizado com 60 voluntários divididos em três grupos etários: adultos (20 a 44 anos), meia-idade (45 a 59 anos) e idosos (60 a 74 anos). As avaliações ocorreram na Clínica de Fisioterapia da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), mediante aprovação ética. Foram aplicados o Mini Exame do Estado Mental (MEEM), o SARC-F, dinamometria para força de preensão palmar, eletromiografia do tríceps sural, termografia infravermelha para temperatura superficial da panturrilha e medidas antropométricas, como percentual de gordura, índice de massa corporal (IMC), relação cintura-quadril e circunferência da panturrilha. Os dados foram analisados estatisticamente com o software SPSS, adotando-se  $p < 0,05$ . Os resultados mostraram que os idosos apresentaram valores reduzidos de RMS (Root Mean Square) nos músculos gastrocnêmios medial e lateral, indicando menor recrutamento e ativação das unidades motoras, além de valores mais altos de frequência mediana (FM), sugerindo um padrão adaptativo de recrutamento neuromuscular, possivelmente compensatório diante da perda de fibras musculares tipo II. Essas alterações funcionais foram observadas mesmo sem diferenças significativas em parâmetros estruturais, como força de preensão, IMC, percentual de gordura e temperatura cutânea, demonstrando que mudanças neuromusculares podem anteceder alterações morfológicas perceptíveis.

Assim, a eletromiografia mostrou-se um método sensível para detectar precocemente o declínio muscular relacionado à idade. Conclui-se que o envelhecimento está associado à redução da ativação muscular e a mecanismos compensatórios no recrutamento das unidades motoras, especialmente nos músculos gastrocnêmios. A ausência de alterações expressivas em medidas globais reforça a importância de avaliações específicas e localizadas para a detecção precoce da sarcopenia. Métodos não invasivos, como a eletromiografia e a termografia, mostram potencial para o rastreamento funcional e o monitoramento do envelhecimento muscular, podendo ser incorporados como ferramentas de prevenção e acompanhamento clínico. Recomenda-se que pesquisas futuras adotem delineamentos longitudinais e amostras maiores, a fim de aprofundar a compreensão dos mecanismos fisiológicos envolvidos no declínio neuromuscular decorrente do envelhecimento.

Palavras-Chave: Eletromiografia; Termografia; Biomecânica; Envelhecimento; Sarcopenia.

## ABSTRACT

Population aging is a growing global phenomenon, and this expressive increase results in a larger number of older adults who, although living longer, face functional and autonomy deficits, which increases the demand for care and makes sarcopenia—defined as the progressive loss of muscle mass and strength—one of the main public health problems. The physiological and biochemical changes associated with aging involve increased oxidative stress, mitochondrial dysfunction, telomere shortening, and reduced anabolic hormone levels, all of which contribute to muscle degeneration and functional decline. In Brazil, the average prevalence of sarcopenia is 17% among older adults, being higher in women, and its early detection is essential to reduce its impact on quality of life and public health costs. The present study aimed to compare the electromyographic activity of the medial and lateral gastrocnemius muscles, the surface temperature of the calf, and handgrip strength across different age groups, seeking to identify functional changes related to aging and the risk of sarcopenia. Anthropometric, cognitive, and muscular parameters were also assessed, as well as sarcopenia classification using the SARC-F questionnaire. This was a cross-sectional study conducted with 60 volunteers divided into three age groups: adults (20–44 years), middle-aged adults (45–59 years), and older adults (60–74 years). Assessments were performed at the Physiotherapy Clinic of the Federal University of Alfenas (UNIFAL-MG), following ethical approval. The Mini-Mental State Examination (MMSE), the SARC-F questionnaire, handgrip dynamometry, surface electromyography of the triceps surae, infrared thermography for calf surface temperature, and anthropometric measures such as body fat percentage, body mass index (BMI), waist-to-hip ratio, and calf circumference were applied. Data were statistically analyzed using SPSS software, adopting a significance level of  $p < 0.05$ . The results showed that older adults presented reduced RMS (Root Mean Square) values in the medial and lateral gastrocnemius muscles, indicating lower recruitment and activation of motor units, as well as higher median frequency (MF) values, suggesting an adaptive neuromuscular recruitment pattern, possibly compensatory in response to the loss of type II muscle fibers. These functional alterations were observed even without significant differences in structural parameters such as handgrip strength, BMI, body fat percentage, and skin temperature, demonstrating that neuromuscular changes may precede detectable morphological alterations. Thus, electromyography proved to be a sensitive method for the early detection of age-related muscle decline. It is concluded that aging is associated with

reduced muscle activation and compensatory mechanisms in motor unit recruitment, particularly in the gastrocnemius muscles. The absence of marked changes in global measures reinforces the importance of specific and localized assessments for the early detection of sarcopenia. Non-invasive methods such as electromyography and thermography show great potential for functional screening and monitoring of muscle aging and can be incorporated as tools for prevention and clinical follow-up. Future research should employ longitudinal designs and larger samples to deepen the understanding of the physiological mechanisms involved in neuromuscular decline due to aging.

Keywords: Electromyography; Thermography; Biomechanics; Aging; Sarcopenia.

## **LISTA DE FOTOGRAFIAS**

Fotografia 1 - Dado eletromiográfico em repouso.....	16
Fotografia 2 - Dado eletromiográfico isotônico.....	17
Fotografia 3 - Captura da câmera termográfica.....	19
Fotografia 4 - Processamento da captura da Câmera Termográfica.....	20

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Caracterização da amostra por dados demográficos e clínicos.....	23
Tabela 2 - Dados Dinamometria e Termografia .....	25
Tabela 3 - Dados Eletromiografia .....	27

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1. Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
<b>3 MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
3.1 TIPO DE ESTUDO.....	14
3.2 ASPECTOS ÉTICOS.....	14
3.3 LOCAL DA PESQUISA E SELEÇÃO DOS SUJEITOS.....	14
3.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.....	14
3.4.1 Critérios de inclusão.....	14
3.4.2 Critérios de exclusão.....	14
3.5 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO.....	15
3.5.1 Avaliação da força da preensão palmar.....	15
3.5.2 Rastreamento de análise da sarcopenia.....	15
3.5.3 Atividade elétrica do tríceps sural.....	15
3.5.3.1 Processamento do sinal eletromiográfico.....	17
3.5.4 Análise dos dados antropométricos.....	17
3.5.5 Termografia da panturrilha.....	18
3.5.6 Teste Mini Mental (TMM).....	20
3.6 PROCEDIMENTOS.....	20
3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	21
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>6 LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....</b>	<b>31</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Dados demográficos indicam o crescimento da população idosa com inversão da pirâmide etária. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), estima-se que o número de idosos, com 80 anos ou mais, deverá triplicar até 2050 passando de 137 milhões, em 2017, para 425 milhões em 2050 (ONU, 2023). Assim, é esperado um aumento contínuo no número de idosos que, apesar de viverem por mais tempo, irão se confrontar com déficits na funcionalidade e consequentemente na autonomia, independência e qualidade de vida, o que aumenta a demanda por cuidados a essa população. Portanto, as consequências do envelhecimento representam um dos maiores problemas de saúde pública com impacto econômico e social, devido ao elevado custo com tratamentos e internações (Cicarini; Avelar, 2022).

Os dados disponíveis sobre a incidência e a prevalência da sarcopenia mostram grande variação dependendo do sexo, do cenário clínico e da definição utilizada. Entre a faixa etária de 60 e 70 anos, a prevalência de sarcopenia varia de 5% a 13%; já para idosos com mais de 80 anos pode variar de 11% a 50% (Morley et al., 2014). Diante dessa alta incidência e de seus impactos funcionais, a sarcopenia está associada ao aumento do risco de quedas e fraturas, aumentando os custos de saúde e mortalidade (Sayer; Cruz-Jentoft, 2022).

A teoria bioquímica do envelhecimento (por exemplo, desgaste, acúmulo de toxinas, radicais livres, encurtamento dos telômeros ou contagem programada) invoca danos no DNA, células, tecidos, e órgãos, levando a um declínio da capacidade funcional. A degeneração muscular durante o envelhecimento tem sido associada com a disfunção mitocondrial causada pelas deleções no DNA mitocondrial (mtDNA) e um sistema de transporte de elétrons com encurtamento progressivo de telômeros e exaustão proliferativa de células satélites. O desequilíbrio entre espécies reativas de oxigênio (ROS), produção e capacidade antioxidante leva a um fenômeno em que o músculo esquelético de idosos torna-se mais suscetível ao dano oxidativo, principalmente durante exercício, como resultado da disfunção mitocondrial. Isso pode levar à inflamação, à dor muscular de início tardio (DOMS) e à degeneração muscular (Bunout et al., 2009; Franco; Chaves, 2022).

Com o processo de envelhecimento, inicia-se o declínio da função hormonal, neural, cardiovascular e respiratória, além da perda óssea (osteopenia/osteoporose) e alterações na composição corporal, caracterizada pela perda de massa e força muscular e aumento do percentual de gordura, que juntamente com o desequilíbrio da taxa metabólica e o estado sedentário podem aumentar a fatigabilidade, a perda de equilíbrio, bem como o risco de

queda, fratura e desenvolvimento da síndrome metabólica, que é caracterizada pela obesidade, resistência à insulina, hipertensão, dislipidemia, diabetes mellitus (tipo II), o que aumenta a incidência de doenças cardiovasculares (Raguso, 2006; Borer et al., 2007; Casey; Seidman, 2022).

A quantidade excessiva de massa gorda pode contribuir para uma perda acelerada de massa muscular e funcionalidade devido ao sedentarismo, hábitos alimentares não saudáveis, baixos níveis de hormônios anabólicos (por exemplo, hormônio do crescimento), resistência à insulina, infiltração de gordura muscular e aumento da atividade inflamatória com secreção de citocinas, que contribuem para o aumento do estresse oxidativo e atividade apoptótica, favorecendo a sarcopenia (Stenholm et al., 2008; Walker et al., 2022).

Hábitos comportamentais como baixa ingestão energética e/ou proteica, sedentarismo, baixo nível de atividade física, algumas doenças, além de deficiência de micronutrientes e má-absorção devido condições gastrointestinais são fatores de risco para o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis e da sarcopenia (Valente et al., 2022).

A sarcopenia é uma condição músculo esquelética associada à idade e caracterizada por baixa massa muscular, reduzida força e pouca qualidade do músculo, o que compromete o desempenho físico. Os mecanismos fisiológicos e hormonais envolvidos na sarcopenia compreendem uma série de alterações inter-relacionadas. Entre elas, destacam-se as mudanças nas fibras musculares, com perda estimada de 20% a 50% das fibras do tipo II e de 1% a 25% das fibras do tipo I, em decorrência de processos de desnervação. Há também redução do número de unidades motoras, causada pela diminuição dos neurônios do corno anterior e das fibras das raízes ventrais. Além disso, fatores hormonais e metabólicos afetam diretamente o tecido muscular, resultando em menor estímulo anabólico e maior influência catabólica. Aspectos nutricionais e a chamada anorexia do envelhecimento — caracterizada pelo aumento da necessidade proteica e pela redução da ingestão alimentar — também contribuem para o processo. Soma-se a isso um aumento discreto da atividade inflamatória sistêmica, com elevação de mediadores como IL-6 e o antagonista do receptor de IL-1, que exercem efeito levemente catabólico e favorecem a degradação proteica muscular. Por fim, a redução da síntese proteica, associada à menor taxa fracionária de síntese e à queda na expressão gênica, bem como a inatividade física, agravam o quadro de perda muscular característico da sarcopenia (Doherty, 2003).

No ano de 2019, o European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2) atualizou seu consenso para o diagnóstico de sarcopenia. Diante disso, a nova definição do algoritmo incorporou um raciocínio para “encontrar, avaliar, confirmar e estabelecer a gravidade dos casos”. Inicialmente recomenda-se a aplicação do questionário validado SARC-F associado a medição da circunferência da panturrilha ou suspeita clínica (emagrecimento, fraqueza, diminuição do passo, dificuldade para levantar de uma cadeira e subir escadas e histórico de quedas). Na segunda etapa, utiliza-se o dinamômetro para mensurar a força de preensão palmar ou ainda o teste de sentar e levantar da cadeira. Na terceira etapa, é necessário detectar a baixa quantidade e qualidade muscular por meio de exames de imagem como a absorciometria de dupla energia por raios X (DEXA), tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética (RM) ou análise da bioimpedância elétrica, não sendo possível, uma alternativa é utilizar a equação de Lee (Lee et al., 2000) para estipular a massa muscular esquelética apendicular. Por fim, determina-se a gravidade da sarcopenia com o teste de velocidade da marcha ou outros testes como *Timed Up and Go Test* (TUGT). Utilizando o algoritmo é possível diagnosticar: provável sarcopenia, sarcopenia e sarcopenia grave (Cruz-Jentoft et al., 2019).

O treino resistido apresenta o maior nível de evidência científica para ganho de massa muscular, melhoria da força muscular e aumento do desempenho físico (Csapo; Alegre, 2016; Bao et al., 2020; Zhang et al., 2021) assim como treinos de alta intensidade realizados, no mínimo, de duas a três vezes por semana. Além disso, é importante ressaltar a necessidade de uma avaliação dietética a fim de identificar de forma precoce deficiências nutricionais e assim, realizar os ajustes nutricionais e suplementação necessários (Morley et al., 2010).

Alguns dispositivos ópticos e mecânicos utilizados para avaliações fisiológicas e biomecânicas como a termografia para avaliar mudanças de fluxo sanguíneo, registrando a temperatura (Paolillo et al., 2023); dinamometria para avaliação da força muscular (Robertson et al., 2013; Challis, 2024) e eletromiografia para registrar o potencial elétrico gerado pelas células musculares quando se contraem ou estão em repouso (Silva et al., 2021) podem auxiliar, juntamente com avaliações clínicas (SARC-F, dados antropométricos e questionário de estado mental), no diagnóstico e prognóstico de disfunções relacionadas ao envelhecimento, em especial a sarcopenia.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Recentemente, em 2016, a sarcopenia foi oficialmente reconhecida como uma doença, no entanto, o diagnóstico desta doença é muitas vezes negligenciado. Portanto, a missão de desenvolver métodos para identificar e registrar essa condição de extrema importância na área de geriatria é um desafio significativo. Além disso, é crucial detectar a sarcopenia o mais cedo possível para minimizar os efeitos negativos na qualidade de vida dos idosos. Nesse sentido, é essencial realizar avaliações clínicas rigorosas, que sejam não invasivas e não envolvam o uso de medicamentos, utilizando dispositivos ópticos e mecânicos para o diagnóstico. Essas abordagens parecem ser estratégias eficazes para identificar a sarcopenia e mitigar os efeitos do envelhecimento, portanto, merecem ser exploradas. Até o momento, não há estudos abordando o uso de termografia para avaliar a sarcopenia, o que torna esta pesquisa inovadora.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Comparar a atividade eletromiográfica do gastrocnêmio medial e lateral, a temperatura da panturrilha e a força de preensão manual entre diferentes faixa etária, visando identificar alterações relacionadas ao envelhecimento e ao risco de sarcopenia.

### 2.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar o índice de massa corpórea (IMC), a relação cintura-quadril (C/Q) e a circunferência do tríceps sural [panturrilha (CP)];
- b) Avaliar função cognitiva;
- c) Rastrear a sarcopenia por meio do SARC-F;
- d) Comparar a atividade elétrica do músculo tríceps sural entre os três grupos etários por meio da eletromiografia de superfície;
- e) Verificar diferenças na força de preensão palmar entre os grupos etários como indicativo de força global e condição funcional;
- f) Analisar variações da temperatura superficial dos músculos da panturrilha entre os grupos etários utilizando termografia infravermelha;
- g) Identificar possíveis padrões de declínio funcional muscular e térmico relacionados ao processo de envelhecimento.

### **3 MÉTODOS**

#### **3.1 TIPO DE ESTUDO**

Estudo transversal.

#### **3.2 ASPECTOS ÉTICOS**

O trabalho seguiu as normas de boas práticas em estudos clínicos envolvendo seres humanos (Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde) e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL. Os voluntários receberam todas as informações relacionadas aos objetivos, procedimentos metodológicos do estudo e possíveis riscos, antes do início. Após concordarem em participar, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, em duas vias assinadas, uma sob os cuidados do pesquisador e outra, do voluntário.

#### **3.3 LOCAL DA PESQUISA E SELEÇÃO DOS SUJEITOS**

A seleção e pesquisa foram realizadas na Clínica de Fisioterapia da Universidade Federal de Alfenas – MG e redes sociais.

#### **3.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO**

##### **3.4.1 Critérios de inclusão**

Foram incluídos no estudo adultos com idade igual ou superior a 20 anos, sem histórico de dengue ou covid-19 graves e que concordaram com o termo de consentimento livre e esclarecido.

##### **3.4.2 Critérios de exclusão**

Foram excluídos os indivíduos com idade inferior a 20 anos, indivíduos que recusaram participar da pesquisa, indivíduos que não compareceram no dia da coleta, diminuição do número da amostra por recusa .

### 3.5 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO

#### 3.5.1 Avaliação da força da preensão palmar

A avaliação da força de preensão palmar foi feita com uso de um dinamômetro. A Sociedade Americana de Terapeutas da Mão (ASHT) recomenda a utilização do dinamômetro (Jamar®), na segunda posição (ele possui cinco), referente ao tamanho da empunhadura. Os sujeitos permaneceram sentados em uma cadeira tipo escritório (sem braços) com a coluna ereta, mantendo o ângulo de flexão do joelho em 90°, o ombro posicionado em adução e rotação neutra, o cotovelo flexionado a 90°, antebraço em meia pronação e punho neutro, podendo movimentá-lo até 30° graus de extensão. O braço foi mantido suspenso no ar com a mão posicionada no dinamômetro, que foi sustentado pelo avaliador (American Society Of Hand Therapists, 1992). Esse teste complementou o resultado do SARC-F para o diagnóstico da sarcopenia. O valor inferior a 27kg no sexo masculino, e inferior a 16kg no sexo feminino na preensão palmar são indicadores objetivos da patologia (Dodds et al., 2014).

#### 3.5.2 Rastreio de análise da sarcopenia

Para a avaliação da sarcopenia foi utilizado o questionário SARC-F. O questionário é validado para a população brasileira e demonstrou sensibilidade de 60% e especificidade de 80,92% em resultados preliminares (Dodds et al., 2014). Esse questionário compreende cinco perguntas baseadas na percepção do indivíduo sobre suas limitações de força, capacidade de caminhar, transferir-se da cadeira, subir escadas e frequência de quedas. Cada questão é pontuada entre 0 a 2, com intervalo total de pontuação entre 0 a 10, sendo uma pontuação  $\geq 4$  sugestiva de sarcopenia (Bischoff-Ferrari et al., 2015).

#### 3.5.3 Atividade elétrica do tríceps sural

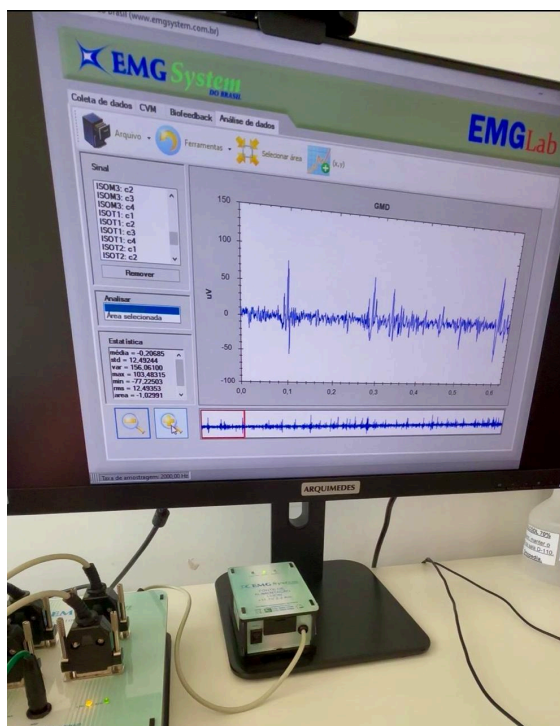
Foi realizada a eletromiografia de superfície no músculo tríceps sural. Em relação ao equipamento, o sinal mioelétrico foi obtido usando um modelo de 4 canais (EMG System do Brasil Ltda®), consistindo de um filtro passa banda de 20-500Hz, um amplificador de ganho de 1000, e um raio de rejeição comum  $>100$  dB. Todos os dados foram processados usando conversor digital analógico de 16-bit (EMG System do Brasil Ltda®), com uma frequência amostral de 2 kHz. O sistema foi composto por eletrodos ativos bipolares que apresentam um ganho de pré-amplificação de 20x.

Para captação dos potenciais de ação dos músculos gastrocnêmios lateral e medial bilateralmente foram utilizados eletrodos ativos e referência monopares (Meditrace®). O eletrodo de referência foi colocado no processo estilóide da ulna no membro superior direito (Seniam Project, 2011).

Para o registro do sinal mioelétrico do músculo gastrocnêmio lateral e medial, o indivíduo permaneceu em posição ortostática. O eletrodo monopolar ativo foi colocado 1/3 da distância entre a cabeça da fíbula e o calcâneo para gastrocnêmio lateral. Para gastrocnêmio medial o eletrodo ativo monopolar foi colocado na região mais proeminente do músculo. O indivíduo foi orientado a realizar flexão plantar com máximo de contração na postura ortostática. O sinal eletromiográfico foi coletado em repouso, em contração isométrica voluntária máxima (CIVM) e contração isotônica, com a duração da contração de 5 segundos. Os dados mioelétricos foram coletados por três vezes por um mesmo examinador.

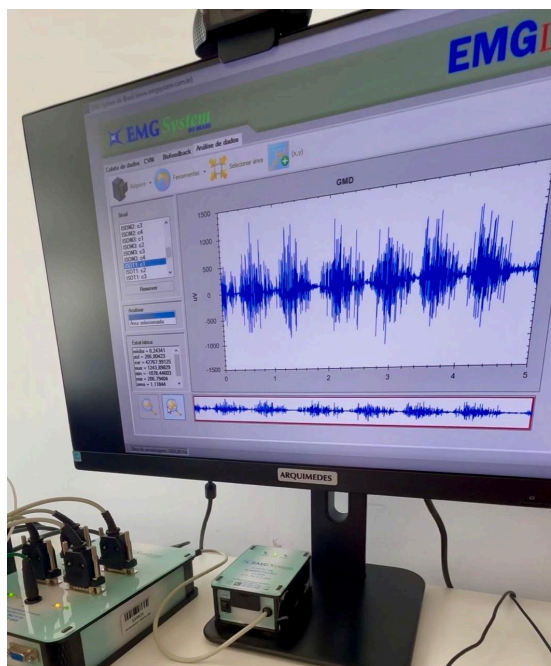
O avaliador que participou da pesquisa foi capacitado por meio de instruções padronizadas para a execução dos testes referidos.

Fotografia 1 - Dado eletromiográfico em repouso



Fonte: Autor (2025)

Fotografia 2 - Dado eletromiográfico isotônico



Fonte: Autor (2025)

#### 3.5.3.1 Processamento do sinal eletromiográfico

Após a coleta dos dados, os sinais foram processados no software Matlab através de uma rotina (média do sinal CIVM/contração isotônica x 100%). A análise do sinal foi obtida por meio da raiz quadrada média dos valores root mean square (rms) que corresponde a quantidade de sinal contínuo capaz de conter a mesma energia calculada pela raiz quadrada da média do sinal ( $\mu\text{V}$ ) e também por meio da frequência mediana. Foi descartado o primeiro e o último segundo da coleta, para melhor aquisição da análise.

#### 3.5.4 Análise dos dados antropométricos

As medidas de massa e estatura corporal foram realizadas com o uso de balança digital e estadiômetro portátil (Líder Balanças®) para determinar o Índice de Massa Corpórea (IMC). Ademais, as medidas de circunferência da cintura e do quadril foram feitas com o uso de fita métrica corporal inelástica para determinar a relação C/Q e circunferência do tríceps sural [panturrilha (CP)]. O paciente estava em posição ortostática com calcanhares unidos, cabeça no ângulo de  $90^\circ$  em relação ao solo, com o olhar voltado para o horizonte (Plano de Frankfurt), descalço e com roupas leves (Formentin; Abech, 2011).

Para estimar o percentual de gordura corporal foram coletadas quatro dobras cutâneas: bíceps, tríceps, subescapular e suprailíaca. As medidas foram realizadas no lado direito do corpo, utilizando um adipômetro calibrado (Sanny®Ad1009c-s), com o avaliador pinçando a prega de pele e tecido adiposo entre o polegar e o indicador, sem incluir o músculo, e aplicando o adipômetro cerca de 1 cm abaixo do ponto de prensão. A leitura foi feita após 2 segundos de estabilização. A soma das quatro dobras (em milímetros) foi utilizada no Software de Nutrição - WebDiet, no logaritmo da soma, para estimar a densidade corporal (DC) por meio de equações específicas para sexo e faixa etária, determinadas pelos autores Durnin e Womersley. Por exemplo, para homens de 17 a 19 anos:

$$DC = 1,1620 - 0,0630 \times \log (\Sigma \text{dobras});$$

e para mulheres da mesma faixa etária:

$$DC = 1,1549 - 0,0678 \times \log (\Sigma \text{dobras}).$$

Após obter a densidade corporal, o percentual de gordura (%G) é calculado pela equação de Siri (1961):

$$\%G = (495 / DC) - 450,$$

que converte a densidade corporal em percentual de gordura total. Esse método é amplamente utilizado por ser prático, acessível e apresentar boa correlação com métodos laboratoriais mais complexos, desde que as medições sejam realizadas por avaliadores treinados (Durnin; Womersley, 1974).

### **3.5.5 Termografia da panturrilha**

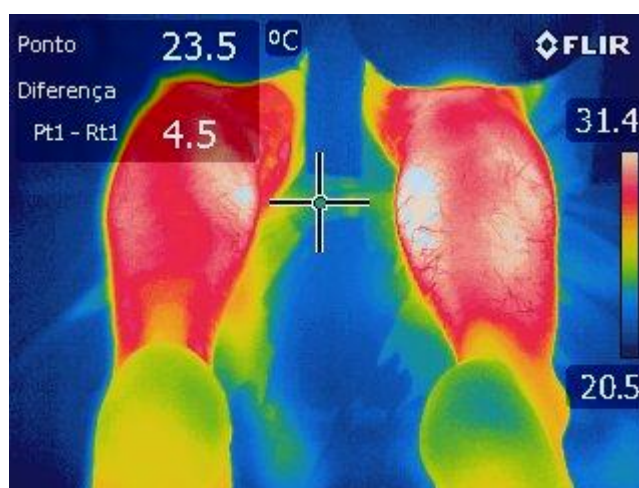
A termografia foi utilizada para avaliar a resposta térmica e as mudanças fisiológicas da panturrilha, proporcionando mapeamento visual da distribuição de temperatura da pele. Esse teste foi realizado no mesmo dia dos demais testes mencionados neste projeto com horário marcado em comum acordo com o paciente. Para a realização da análise termográfica da panturrilha, foram analisados antecipadamente fatores importantes que poderiam influenciar no resultado do exame, como fatores ambientais (tamanho da sala de coleta e temperatura ambiente), fatores técnicos (câmera, protocolo e software), além de fatores individuais (sexo, idade e dados coletados durante a anamnese). Foi utilizado o termômetro

infravermelho digital para análise da temperatura. A temperatura da sala climatizada foi de 23°C e umidade ambiente. O participante permaneceu 15 minutos na sala para equilíbrio térmico antes de iniciar o processo de aquisição de imagens. (Hildebrandt; Raschner; Ammer, 2010; Edwards; Claek, 2006; Menezes et al., 2018).

Para a realização do teste o paciente foi posicionado em decúbito ventral em uma maca com os pés para fora e pés e panturrilha desnudos. Para melhor aquisição das imagens foi colocado um obstáculo (papelão) na região poplíteia. (Côrte; Hernandez, 2016).

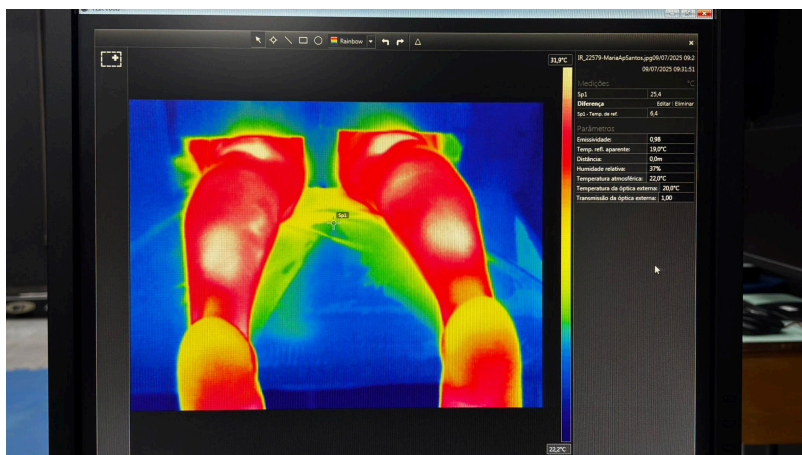
Os parâmetros observados após o teste termográfico foram: temperatura máxima, temperatura média e temperatura mínima, todas de ambas as panturrilhas.

Fotografia 3 - Captura da câmera termográfica



Fonte: Autor (2025)

Fotografia 4 - Processamento da captura da Câmera Termográfica



Fonte: Autor (2025)

### 3.5.6 Teste Mini Mental (TMM)

O TMM foi utilizado para classificação do comprometimento cognitivo. Esse teste consiste em uma série de perguntas e tarefas destinadas a avaliar várias áreas cognitivas, incluindo orientação temporal e espacial, memória imediata e retardada, atenção e cálculo, habilidades de linguagem e habilidades visuoespaciais.

O avaliador explicou brevemente o que seria feito a fim de garantir que o voluntário estivesse confortável e compreendesse as instruções. O avaliador fez as perguntas conforme o protocolo estabelecido, registrou as respostas e pontuou cada item de acordo com o esquema de pontuação do TMM. Os valores foram somados para obter uma pontuação total, que pode variar de 0 a 30, sendo 30 a pontuação máxima.

Com base na pontuação obtida, o profissional de saúde interpretou os resultados do TMM. Pontuações mais baixas podem indicar comprometimento cognitivo e justificar investigações adicionais, enquanto pontuações mais altas sugerem uma função cognitiva preservada. (Folstein, M. F.; Folstein, S. E.; McHugh, 1975; Mitchell, 2009).

### 3.6 PROCEDIMENTOS

As avaliações foram realizadas em um único dia a fim de amenizar as desistências durante a coleta de dados. Os questionários foram aplicados individualmente em salas de reunião da clínica de Fisioterapia da UNIFAL-MG visando um ambiente silencioso e favorável para boa compreensão por parte do voluntário. Já os testes biomecânicos e fisiológicos foram aplicados em laboratórios da clínica de Fisioterapia da UNIFAL-MG.

O instrumento de avaliação clínica foi: (1) avaliação da cognição com Mini Mental.

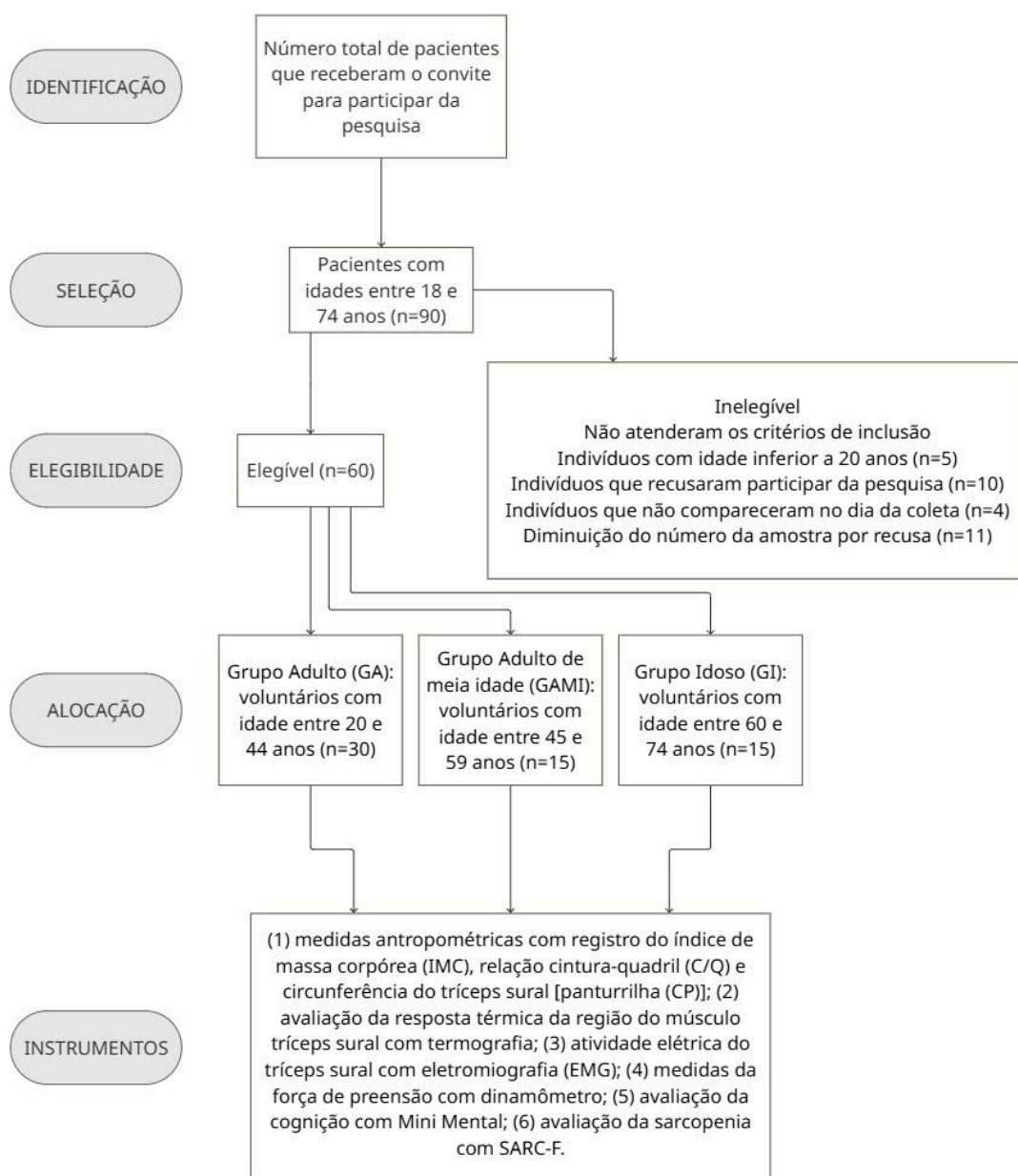
Os instrumentos de avaliação fisiológica e biomecânica foram: (1) medidas antropométricas com registro do índice de massa corpórea (IMC), relação cintura-quadril (C/Q) e circunferência do tríceps sural [panturrilha (CP)]; (2) medidas de massa muscular e percentual de gordura; (3) avaliação da resposta térmica da região do músculo tríceps sural com termografia; (4) atividade elétrica do músculo com eletromiografia (EMG); (5) medidas da força de preensão com dinamômetro; (6) rastreamento da sarcopenia com SARC-F.

### 3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A estatística descritiva foi utilizada para caracterização da amostra em relação às variáveis clínicas e antropométricas. Foi realizado o teste de Shapiro Wilk para determinar a normalidade dos dados. Em seguida foi aplicado teste paramétrico ou não paramétrico para análise dos dados. Todas as análises foram executadas pelo programa estatístico SPSS (versão 20.0). O nível de significância adotado foi de ( $p < 0,05$ ).

## 4 RESULTADOS

Figura 1 - Fluxograma



Fonte: Autor (2025)

A Tabela 1 apresenta os dados demográficos e antropométricos dos participantes, considerando as variáveis analisadas: sexo, massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC), classificação do IMC, percentual de gordura corporal, circunferência da cintura, circunferência do quadril, relação cintura/quadril (C/Q), circunferência do tríceps sural, escore no Mini Exame do Estado Mental (MEEM) e escore no questionário SARCF. Observou-se predomínio do sexo feminino no grupo jovem e do masculino nos grupos de meia-idade e idoso. Houve tendência de aumento da massa corporal e do IMC com a idade, sendo o grupo idoso o de maior média. A circunferência da cintura e a relação cintura/quadril aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ), indicando maior acúmulo de gordura abdominal nos mais velhos. Verificou-se ainda declínio significativo no escore do MEEM ( $p < 0,001$ ) e aumento no escore do SARCF ( $p < 0,05$ ), sugerindo redução cognitiva e maior risco de sarcopenia com o envelhecimento.

Tabela 1 - Caracterização da amostra segundo informações demográficas e clínicas

Variáveis	Grupo Jovem	Meia Idade	Grupo Idoso		1≠2	1≠3	2≠3
	Média(DP)	Média(DP)	Média(DP)	Valor do p intergrupo	Teste de Comparação	Teste de Comparação	Teste de Comparação
	IC 95%	IC 95%	IC 95%				
<b>Sexo</b>	Feminino 58,8%	Feminino 19,5%	Feminino 22,0%		0,06	0,15	0,71
	Masculino 31,6%	Masculino 36,8%	Masculino 31,6%				
<b>Massa Corporal</b>	66,53(14,05)	69,72(14,11)	72,94(13,19)	0,20			
	61,28 a 71,78	61,90 a 77,54	65,63 a 80,25				
<b>Estatura (m)</b>	1,64(0,08)	1,65(0,08)	1,61(0,13)	0,72			
	1,60 a 1,67	1,60 a 1,69	1,53 a 1,68				

<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	24,50(3,59)	25,29(3,62)	28,28(6,08)	0,14				
	23,15 a 25,84	23,28 a 27,30	24,92 a 31,65					
<b>Classificação do IMC</b>	Abaixo do peso (2) 100,0%	Abaixo do peso (0) 0,0%	Abaixo do peso (0) 0,0%					
	Eutrofico (14) 50,0%	Eutrofico (7) 25,0%	Eutrofico (7) 25,0%					
	Sobrepeso (12) 54,5%	Sobrepeso (7) 31,8%	Sobrepeso (3) 13,6%					
	Obesidade Grau 1 (2) 28,6%	Obesidade Grau 1 (1) 14,3%	Obesidade Grau 1 (4) 57,1%					
	Obesidade Grau 2 (0) 0,0%	Obesidade Grau 2 (0) 0,0%	Obesidade Grau 2 (1) 100,0%					
<b>Percentual de Gordura</b>	28,37(3,93)	26,02(5,59)	25,04(6,24)	0,10				
	26,90 a 29,83	22,92 a 29,12	21,58 a 28,50					
<b>Circunferência Cintura</b>	78,28(11,17)	87,77(16,81)	97,47(13,43)	<b>0,00*</b>	<b>0,03*</b>	<b>0,00*</b>	<b>0,04*</b>	
	74,11 a 82,45	78,46 a 97,08	90,03 a 104,91					
<b>Circunferência Quadril</b>	100,61(8,45)	99,08(6,10)	106,62(15,6)	0,44				
	97,45 a 103,77	95,70 a 102,46	97,96 a 115,29					
<b>Relação C/Q</b>	0,76(0,07)	0,87(0,13)	0,90(0,10)	<b>0,00*</b>	<b>0,00*</b>	<b>0,00*</b>	0,12	
	0,74 a 0,79	0,80 a 0,95	0,85 a 0,96					
<b>Circunferência Tríceps Sural (cm)</b>	35,89(2,74)	35,27(2,54)	34,52(2,41)	0,39				
	34,87 a 36,71		33,18 a 35,86					

		33,86 a 36,68					
<b>MEEM</b>	29,16(1,01) 28,78 a 29,54	28,20(1,52) 27,35 a 29,04	25,20(2,93) 23,57 a 26,82	<b>0,00*</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,00*</b>	<b>0,00*</b>
<b>SARCF</b>	0,50(1,00) 0,12 a 0,87	0,86(1,80) -0,13 a 1,86	2,20(2,51) 0,80 a 3,59	<b>0,00*</b>	0,57	<b>0,00*</b>	<b>0,02*</b>

Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

A Tabela 2 apresenta a comparação entre os grupos etários quanto à força de preensão palmar e às temperaturas cutâneas das pernas. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ( $p > 0,05$ ) para nenhuma das variáveis analisadas. A força de preensão mostrou tendência de maiores valores nos grupos de meia-idade e idosos em relação aos jovens. As temperaturas médias e extremas (máxima e mínima) das pernas, direita e esquerda, mantiveram-se semelhantes entre os grupos, indicando estabilidade térmica independente da faixa etária.

Tabela 2 - Dados Dinamometria e Termografia

Variáveis	Grupo Jovem	Meia Idade	Grupo Idoso	Valor do p intergrupo	1≠2	1≠3	2≠3
	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)		Média da Diferença	Média da Diferença	Média da Diferença
	IC 95%	IC 95%	IC 95%		IC 95%	IC 95%	IC 95%
Força de preensão palmar direita	27,48(8,07) 24,28 a 30,67	32,40(11,79) 25,86 a 38,93	30,26(10,14) 24,64 a 35,88	0,28	0,26	0,64	0,81

Força de preensão palmar esquerda	26,74(8,25) 23,47 a 30,00	30,06(11,47) 23,71 a 36,42	30,13(10,46) 24,33 a 35,92	0,43	0,54	0,53	0,99
Temperatura máxima perna direita	32,01(1,51) 31,41 a 32,60	28,00(11,38) 21,70 a 34,31	30,09(8,39) 25,44 a 34,74	0,23	0,21	0,69	0,71
Temperatura mínima perna direita	36,36(45,33) 18,43 a 54,30	26,63(2,41) 25,29 a 27,96	27,68(2,50) 26,30 a 29,07	0,54	0,60	0,67	0,99
Temperatura média perna direita	30,56(1,55) 29,94 a 31,17	30,88(0,85) 30,40 a 31,35	30,91(0,92) 30,40 a 31,42	0,60	0,71	0,66	0,99
Temperatura máxima perna esquerda	32,13(1,53) 31,52 a 32,74	32,21(0,59) 31,88 a 32,54	32,10(0,98) 31,56 a 32,65	0,96	0,97	0,99	0,96
Temperatura mínima perna esquerda	28,37(1,78) 27,66 a 29,07	27,16(1,28) 26,45 a 27,87	27,96(1,64) 27,05 a 28,87	0,08	0,06	0,72	0,37
Temperatura média perna esquerda	30,61(1,56) 29,99 a 31,23	30,88(0,70) 30,49 a 31,26	30,81(1,07) 30,21 a 31,40	0,78	0,79	0,87	0,98

Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

A Tabela 3 mostra que os valores de RMS (Root Mean Square) dos músculos gastrocnêmios medial e lateral, tanto direito (GMD, GLD) quanto esquerdo (GME, GLE), apresentaram tendência de redução com o avanço da idade. Essa diferença foi estatisticamente significativa em diversos parâmetros, principalmente entre os grupos jovem e idoso ( $p < 0,05$ ), evidenciando uma diminuição da ativação muscular em indivíduos mais velhos.

A frequência mediana (FM) isométrica e isotônica foi avaliada nos músculos gastrocnêmios medial e lateral direito e esquerdo. Observou-se aumento significativo em algumas comparações intergrupos, principalmente entre jovens e idosos. Nos músculos, tanto no modo isométrico quanto isotônico, houve diferença estatística relevante ( $p < 0,05$ ), o que sugere diferentes adaptações neuromusculares com o passar dos anos.

Tabela 3 - Dados Eletromiografia

Variáveis	Grupo Jovem	Meia Idade	Grupo Idoso	Valor do p intergrupo	1≠2	1≠3	2≠3
	Média(DP) IC 95%	Média(DP) IC 95%	Média(DP) IC 95%		Média da Diferença IC 95%	Média da Diferença IC 95%	Média da Diferença IC 95%
RMS GMD	153,84(61,85) 129,37 a 178,31	131,52(22,91) 118,83 a 144,21	109,19(19,56) 98,35 a 120,02	<b>0,01*</b>	0,28	<b>0,00*</b> <b>44,65</b> <b>(9,27 a 80,02)</b>	0,37
RMS GME	144,62(37,42) 129,82 a 159,42	133,76(25,40) 119,69 a 147,83	112,91(23,13) 100,10 a 125,72	<b>0,01*</b>	0,53	<b>0,00*</b> <b>31,71</b> <b>(7,40 a 56,01)</b>	0,17
RMS GLD	132,83(36,67) 118,32 a 147,33	126,54(47,07) 100,48 a 152,61	108,81(33,01) 90,52 a 127,09	0,16	0,87	0,14	0,42
RMS GLE	139,21(33,78) 125,84 a 152,57	314,30(798,76)- 128,03 a 756,64	111,64(29,04) 95,56 a 127,73	0,32	0,38	0,97	0,36

FM GMD ISOMETRICO	186,73(16,35)	173,77(27,90)	194,42(14,67)	<b>0,01*</b>	0,11	0,44	<b>0,01*</b>
	180,26 a 193,20	158,31 a 189,22	186,29 a 202,55				<b>-20,65</b> <b>(-37,95 a -3,35)</b>
FM GMD ISOTONICO	150,96(21,58)	144,31(21,45)	164,94(19,58)	<b>0,02*</b>	0,59	0,10	<b>0,02*</b>
	142,42 a 159,50	132,43 a 156,20	154,09 a 175,78				<b>-20,62</b> <b>(-39,14 a -2,10)</b>
FM GME ISOMETRICO	190,55(19,03)	166,56(26,11)	188,86(19,09)	<b>0,00*</b>	<b>0,00*</b>	0,96	<b>0,01*</b>
	183,02 a 198,08	152,10 a 181,02	178,29 a 199,44		<b>23,99</b> <b>(7,60 a 40,37)</b>		<b>-22,30</b> <b>(-40,87 a -3,72)</b>
FM GME ISOTONICO	153,69(19,69)	137,68(22,87)	157,11(22,89)	<b>0,03*</b>	0,06	0,87	<b>0,04*</b>
	145,90 a 161,48	125,02 a 150,35	144,43 a 169,79				<b>-19,42</b> <b>(-38,26 a -0,58)</b>
FM GLD ISOMETRICO	151,48(14,31)	162,00(26,96)	175,99(16,42)	<b>0,00*</b>	0,20	<b>0,00*</b>	0,11
	145,82 a 157,14	147,06 a 176,93	166,89 a 185,08			<b>-24,50</b> <b>(-39,16 a -9,83)</b>	
FM GLD ISOTONICO	124,16(15,97)	130,25(22,75)	151,20(15,27)	<b>0,00*</b>	0,54	<b>0,00*</b>	<b>0,00*</b>
	117,84 a 130,48	117,65 a 142,85	142,74 a 159,66			<b>-27,04</b> <b>(-40,87 a -13,21)</b>	<b>-20,94</b> <b>(-36,62 a -5,26)</b>

FM GLE ISOMETRICO	157,70(19,81)	162,52(19,98)	177,76(18,45)	<b>0,00*</b>	0,72	<b>0,00*</b>	0,09
	149,86 a 165,54	151,45 a 173,59	167,55 a 187,98			<b>-20,06</b> <b>(-35,20 a -4,91)</b>	
FM GLE ISOTONICO	125,75(19,18)	133,85(17,33)	150,13(14,45)	<b>0,00*</b>	0,33	<b>0,00*</b>	<b>0,03*</b>
	118,16 a 133,34	124,25 a 143,45	142,13 a 158,14			<b>-24,38</b> <b>(-38,03 a -10,73)</b>	<b>-16,28</b> <b>(-31,76 a -0,81)</b>

Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

## 5 DISCUSSÃO

Os achados principais do presente estudo mostraram que a faixa etária dos idosos apresentou menores valores de RMS e valores mais elevados de frequência mediana (FM) nos músculos gastrocnêmios medial e lateral em comparação aos jovens e à meia-idade.

A redução do RMS nos idosos pode ser explicada pela diminuição do número e do tamanho das fibras musculares tipo II, mais prevalentes no gastrocnêmio, além da redução do recrutamento global de unidades motoras que ocorre com o envelhecimento (Lexell, 1995; Doherty, 2003). O RMS reflete a magnitude da atividade elétrica do músculo e está diretamente relacionado ao número de unidades motoras ativadas e à sincronização das fibras musculares, de modo que valores menores indicam menor eficiência neuromuscular durante a contração voluntária (De Luca, 1997).

Em contrapartida, os valores mais altos de FM nos idosos indicam um padrão adaptativo de recrutamento neuromuscular. A frequência mediana reflete a velocidade de condução das fibras musculares e o tipo de unidade motora recrutada, sendo maior em fibras rápidas (tipo II). Apesar da perda global de fibras tipo II com o envelhecimento, o recrutamento compensatório das fibras rápidas remanescentes pode resultar em FM mais elevada durante contrações voluntárias, como observado neste estudo (Farina; Merletti, 2000;

Madeleine et al., 2002). Esse achado sugere que os idosos podem manter a velocidade de condução e parte da potência muscular por meio de ajustes compensatórios no recrutamento motor, mesmo diante da redução do RMS.

Além disso, a literatura indica que o gastrocnêmio medial tende a apresentar ligeira predominância de fibras tipo II em relação ao lateral, embora ambos exibem adaptações similares com a idade (Johnson et al., 1973; Lexell, 1995). As diferenças de RMS e FM entre os dois músculos podem, portanto, refletir a variação na densidade de fibras rápidas e o recrutamento compensatório das unidades motoras remanescentes.

Em relação ao SARC-F, observou-se uma alteração nos idosos, embora os valores tenham permanecido abaixo do limite de corte (<4 pontos), sugerindo sinais iniciais de comprometimento funcional compatíveis com as alterações eletromiográficas observadas.

Em contraste, não foram encontradas diferenças na força de preensão palmar, circunferência do tríceps sural, percentual de gordura corporal, IMC ou temperatura cutânea. A força de preensão, embora comumente utilizada como indicador de força global, não reflete de forma precisa a força de músculos específicos dos membros inferiores em idosos, sendo influenciada por fatores locais e compensatórios (Bohannon, 2008; Cruz-Jentoft et al., 2019). Da mesma forma, a circunferência do tríceps sural, o IMC e o percentual de gordura refletem parâmetros estruturais ou de composição corporal global, não sendo sensíveis às mudanças musculares localizadas ou funcionais associadas ao envelhecimento (Narici et al., 2003). A ausência de diferenças na temperatura cutânea sugere que a perfusão periférica dos músculos avaliados não foi significativamente alterada.

Em conjunto, esses achados indicam que, no envelhecimento, alterações funcionais e neuromusculares podem preceder mudanças estruturais ou globais detectáveis por medidas antropométricas e de composição corporal. Parâmetros eletromiográficos, como RMS e FM, mostram-se mais sensíveis para detectar alterações precoces na função muscular dos idosos, enquanto medidas gerais, como força de preensão, circunferência, IMC e percentual de gordura, podem não refletir essas mudanças. Dessa forma, a análise integrada dos dados sugere que os idosos, mesmo sem sinais claros de sarcopenia estrutural, apresentam alterações eletromiográficas e funcionais compatíveis com o início de comprometimento muscular, evidenciando a importância da avaliação específica do recrutamento e da atividade das fibras musculares.

## 6 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Primeiramente, embora a eletromiografia de superfície seja um método não invasivo e amplamente utilizado, ela pode sofrer interferências decorrentes de espessura do tecido adiposo, o que pode afetar a precisão da captação do sinal.

Da mesma forma, a termografia infravermelha, embora útil para avaliar variações térmicas, é sensível a fatores fisiológicos (fluxo sanguíneo, estado emocional, consumo de cafeína ou nicotina), que podem influenciar as medidas obtidas.

Por fim, a ausência de controle sobre níveis hormonais, hábitos alimentares e prática regular de exercícios impede uma análise mais abrangente sobre os fatores que podem mediar o declínio neuromuscular observado com o envelhecimento.

## 7 CONCLUSÃO

O presente estudo comparou a atividade eletromiográfica dos músculos gastrocnêmios medial e lateral, a temperatura superficial da panturrilha e a força de preensão palmar entre diferentes faixas etárias, com o intuito de identificar alterações funcionais relacionadas ao envelhecimento e ao risco de sarcopenia.

Os resultados evidenciaram redução significativa dos valores de RMS nos músculos gastrocnêmios medial e lateral em indivíduos idosos, indicando menor recrutamento e ativação das unidades motoras. Em contrapartida, observou-se elevação dos valores de frequência mediana (FM), o que pode representar um padrão adaptativo de recrutamento neuromuscular, possivelmente decorrente da tentativa de compensação frente à perda de fibras musculares tipo II e à redução da eficiência contrátil associada ao envelhecimento.

Apesar da manutenção da força de preensão palmar, da circunferência do tríceps sural e da temperatura cutânea, os achados eletromiográficos sugerem que as alterações funcionais precedem as mudanças estruturais perceptíveis, reforçando a sensibilidade dos parâmetros eletromiográficos na detecção precoce de declínios neuromusculares. Esses resultados corroboram a literatura que aponta o RMS e a FM como marcadores eficientes para identificar modificações sutis no desempenho muscular decorrentes do envelhecimento.

Assim, conclui-se que o envelhecimento está associado a um declínio da ativação muscular e a ajustes compensatórios no padrão de recrutamento das unidades motoras, especialmente nos músculos gastrocnêmios. A ausência de diferenças em medidas globais, como IMC e força de preensão, reforça a importância de avaliações específicas e localizadas para a detecção precoce de alterações musculares e risco de sarcopenia.

Do ponto de vista prático, os achados deste estudo sugerem que a eletromiografia de superfície e a termografia infravermelha podem ser ferramentas úteis e não invasivas para o rastreamento funcional de alterações neuromusculares relacionadas ao envelhecimento. Estudos futuros, com amostras maiores e análises longitudinais, são recomendados para confirmar esses achados e ampliar a compreensão sobre os mecanismos fisiológicos envolvidos na perda de desempenho muscular em idosos.

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF HAND THERAPISTS. **Clinical assessment recommendations**. 2. ed. Chicago: American Society of Hand Therapists, 1992. p. 41–45.
- BAO, W.; SUN, Y.; ZHANG, T.; ZOU, L.; WU, X.; et al. Exercise programs for muscle mass, muscle strength and physical performance in older adults with sarcopenia: A systematic review and meta-analysis. **Aging and Disease**, v. 11, n. 4, p. 863–873, 2020.
- BISCHOFF-FERRARI, H. A. et al. Comparative performance of current definitions of sarcopenia against the prospective incidence of falls among community-dwelling seniors age 65 and older. **Osteoporos Int**, v. 26, p. 2793–2802, 2015.
- BOHANNON, R. W. Hand-grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults. **Journal of Geriatric Physical Therapy**, v. 31, n. 1, p. 3–10, 2008.
- BUNOUT, D. et al. Relationship between protein and mitochondrial DNA oxidative injury and telomere length and muscle loss in healthy elderly subjects. **Arch. Gerontol. Geriatr.**, v. 48, p. 335–339, 2009.
- CASEY, C.; SEIDMAN, M. Healthy Aging: Strategies to Slow the Process. **Otolaryngologic Clinics of North America**, v. 55, p. 899–907, 2022.
- CHALLIS, J. H. Experimental methods in biomechanics. 1. ed. Springer, 2021. **E-book**. Disponível em:  
[<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-52256-8>](<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-52256-8>). Acesso em: 3 dez. 2024.
- CICARINI, S. R.; AVELAR, K. E. S. Uma análise do contexto do envelhecimento populacional pelas percepções do desenvolvimento sustentável. **Revista Plurais**, v. 12, 2022.
- CÔRTE, A. C. R. E.; HERNANDEZ, A. J. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 22, n. 4, p. 315–319, jul. 2016.
- CRUZ-JENTOFT, A. J.; BAHAT, G.; BAUER, J.; BOIRIE, Y.; BRUYÈRE, O.; CEDERHOLM, T.; LANDI, F. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. **Age and Ageing**, v. 48, n. 1, p. 16–31, 2019.
- CSAPO, R.; ALEGRE, L. M. Effects of resistance training with moderate vs heavy loads on muscle mass and strength in the elderly: A meta-analysis. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 26, n. 9, p. 995–1006, 2016.
- DE LUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 13, n. 2, p. 135–163, 1997.
- DODDS, R.M. et al. Grip strength across the life course: normative data from twelve British studies. **PLOS One**, v. 9, n. e113637, 2014.
- DOHERTY, T. J. Aging and sarcopenia. **Journal of Applied Physiology**, v. 95, n. 4, p. 1717–1727, 2003.

EDWARDS, S.; CLAEK, N. A. Observações termorregulatórias em partidas de futebol: aplicações de nível profissional e recreativo usando um sistema de pílulas intestinais para medir a temperatura central. **Br J Sports Med**, v. 40, p. 133–138, 2006.

FARINA, D.; MERLETTI, R. Comparison of algorithms for estimation of EMG variables during voluntary contractions. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 337–349, 2000.

FOLSTEIN, M. F.; FOLSTEIN, S. E.; MCHUGH, P. R. Mini-Mental State: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. **Journal of Psychiatric Research**, v. 12, n. 3, p. 189–198, 1975.

FORMENTIN, C. M.; ABECH, E. A. Guia prático de avaliação física: uma abordagem didática, abrangente e atualizada. 1. ed. São Paulo: Phorte, 2011. **E-book**. Disponível em: [<https://middleware-bv.am4.com.br/SSO/unifalmg/9788576554653>](<https://middleware-bv.am4.com.br/SSO/unifalmg/9788576554653>). Acesso em: 1 mai. 2024.

FRANCO, F. N.; CHAVES, M. M. Estresse oxidativo um fator chave do envelhecimento: uma revisão narrativa. **Pista: Periódico Interdisciplinar**, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 58–81, ago./nov. 2022.

HILDEBRANDT, C.; RASCHNER, C.; AMMER, K. Uma visão geral da aplicação recente da termografia infravermelha médica na medicina esportiva na Áustria. **Sensores**, v. 10, p. 4700–4715, mai. 2010.

JOHNSON, M. A.; POLGAR, J.; WEIGHTMAN, D.; APPLETON, D. Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles. An autopsy study. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 18, n. 1, p. 111–129, 1973.

LEE, R. C.; WANG, Z.; HEO, M.; ROSS, R.; JANSSEN, I.; HEYMSFIELD, S. B. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, p. 796–803, 2000.

LEXELL, J. Human aging, muscle mass, and fiber type composition. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 50, Special Issue, p. 11–16, 1995.

MADELEINE, P.; BAJAJ, P.; SØGAARD, K.; ARENDT-NIELSEN, L. Mechanomyography and electromyography frequency analysis during submaximal fatiguing contractions of the quadriceps femoris muscle. **European Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 3, p. 278–286, 2002.

MENEZES, P. et al. Efeitos do Programa de Treinamento de Força e da Termografia Infravermelha nas Lesões de Atletas de Futebol. **Esportes**, v. 6, p. 148, 2018.

MITCHELL, A. J. A meta-analysis of the accuracy of the mini-mental state examination in the detection of dementia and mild cognitive impairment. **Journal of Psychiatric Research**, v. 43, n. 4, p. 411–431, 2009.

MORLEY J. E, ANKER S. D, VON HAEHLING S. Prevalence, incidence, and clinical impact of sarcopenia: facts, numbers, and epidemiology—update 2014. **J Cachexia Sarcopenia Muscle**, v. 5, n. 4, p. 253–259, 2014.

MORLEY, J. E.; ARGILES, J. M.; EVANS, W. J.; et al. Nutritional recommendations for the management of sarcopenia. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 11, n. 6, p. 391–396, 2010.

NARICI, M. V.; MAGANARIS, C. N.; REEVES, N. D.; CAPODAGLIO, P. Effect of aging on human muscle architecture. **Journal of Applied Physiology**, v. 95, n. 6, p. 2229–2234, 2003.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Envelhecimento. Disponível em: [<https://unric.org/pt/envelhecimento/>](<https://unric.org/pt/envelhecimento/>). Acesso em: 10 abr. 2023.

PAOLILLO, F. R. et al. The effects of transcranial laser photobiomodulation and neuromuscular electrical stimulation in the treatment of post-stroke dysfunctions. **Journal of Biophotonics**, v. 16, n. 4, e202200260, 2023.

RAGUSO, C. A. et al. A 3-year longitudinal study on body composition changes in the elderly: role of physical exercise. **Clin. Nutr.**, v. 25, p. 573–580, 2006.

ROBERTSON, D. et al. Research methods in biomechanics. 2. ed. Human Kinetics, 2013. **E-book**. Disponível em: [[https://www.researchgate.net/publication/258034032\\_Research\\_Methods\\_in\\_Biomechanics\\_Second\\_edition\\_eBook](https://www.researchgate.net/publication/258034032_Research_Methods_in_Biomechanics_Second_edition_eBook)]([https://www.researchgate.net/publication/258034032\\_Research\\_Methods\\_in\\_Biomechanics\\_Second\\_edition\\_eBook](https://www.researchgate.net/publication/258034032_Research_Methods_in_Biomechanics_Second_edition_eBook)). Acesso em: 3 dez. 2024.

SAYER, A. A.; CRUZ-JENTOFT, A. Sarcopenia definition, diagnosis and treatment: consensus is growing. **Age Ageing**, v. 51, n. 10, afac 220, 2022.

SENIAM Project. **Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles, 2011**. Enschede: SENIAM Project, 2011.

SILVA, M. M. da; ARAÚJO, M. G. de; SILVA, A. M. da; GONÇALVES, D. L.; SILVA, K. F. da; MEDEIROS, L. G. C.; CARDOSO, P. V. U.; CARMO, A. S. do. Prevalência de sarcopenia em idosos brasileiros: uma revisão bibliográfica. **BRASPEN Journal**, v. 36, n. 3, p. 314–322, 2021.

VALENTE, MARCELO; MAGALHÃES, MARIA AQUIMARA ZAMBONE; ALEXANDRE, TIAGO da SILVA. Manual de Recomendações para Diagnóstico e Tratamento da Sarcopenia no Brasil. 1. ed. Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia – SBGG, 2022. **E-book**. Disponível em: [[https://sbgg.org.br/wp-content/uploads/2022/04/1649787227\\_Manual\\_de\\_Recomendaes\\_para\\_Diagnostico\\_e\\_Tratamento\\_da\\_Sarcopenia\\_no\\_Brasil-1.pdf](https://sbgg.org.br/wp-content/uploads/2022/04/1649787227_Manual_de_Recomendaes_para_Diagnostico_e_Tratamento_da_Sarcopenia_no_Brasil-1.pdf)]. Acesso em: 8 dez. 2025.

ZHANG, Y.; ZOU, L.; CHEN, S. T.; BAE, J. H.; KIM, D. Y.; et al. Effects and moderators of exercise on sarcopenic components in sarcopenic elderly: A systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Medicine**, Lausanne, v. 8, p. 649748, 2021.