

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E FISIOTERAPIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

MARÍLIA LEITE DOS SANTOS

ASSOCIAÇÃO ENTRE INTENSIDADE DO ECO E O DESEMPENHO FÍSICO
FUNCIONAL DE MULHERES IDOSAS COM OSTEOARTRITE DE JOELHO

MANAUS - AM

2025

MARÍLIA LEITE DOS SANTOS

ASSOCIAÇÃO ENTRE INTENSIDADE DO ECO E O DESEMPENHO FÍSICO
FUNCIONAL DE MULHERES IDOSAS COM OSTEOARTRITE DE JOELHO

Dissertação apresentado para Banca Avaliadora na Defesa Pública de Dissertação para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCiMH) da Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

Linha 2: Avaliação e Recuperação Funcional

Essa pesquisa contou com o apoio institucional dado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano – PPGCiMH da Universidade Federal do Amazonas – UFAM pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM).

ORIENTADOR: PROF. DR. EWERTTON DE SOUZA BEZERRA

COORIENTADOR: SILAS NERY DE OLIVEIRA

MANAUS - AM

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

-
- S237a Santos, Marília Leite dos
Associação entre intensidade do eco e o desempenho físico funcional de mulheres idosas com osteoartrite de joelho / Marília Leite dos Santos. - 2025.
52 f. : il., p&b. ; 31 cm.
- Orientador(a): Ewertton de Souza Bezerra.
Coorientador(a): Silas Nery de Oliveira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Manaus, 2025.
1. Osteoartrite de Joelho. 2. Ultrassonografia. 3. Qualidade Muscular. 4. Desempenho Físico Funcional. 5. Idoso. I. Bezerra, Ewertton de Souza. II. Oliveira, Silas Nery de. III. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano. IV. Título
-

MARÍLIA LEITE DOS SANTOS

ASSOCIAÇÃO ENTRE INTENSIDADE DO ECO E O DESEMPENHO FÍSICO
FUNCIONAL DE MULHERES IDOSAS COM OSTEOARTRITE DE JOELHO

Dissertação apresentado para Banca Avaliadora
na Defesa Pública de Dissertação para obtenção
do título de Mestre pelo Programa de Pós-
graduação em Ciências do Movimento Humano
(PPGCiMH) da Universidade Federal do
Amazonas – UFAM.

Aprovado em 18 de dezembro de 2025.

Banca examinadora

Prof. Dr. Ewertton de Souza Bezerra (Presidente/Orientador)
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Profa. Dra. Elisa Brosina de Leon (Membro Titular Interno)
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Prof. Dr. Luis Mochizuki (Membro Titular Externo)
Universidade de São Paulo (USP)

Profa. Dra. Aline Arcanjo (Membro Suplente Interno)
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Profa. Dra. Heliane de Brito Fontana (Membro Suplente Externo)
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Dedico este trabalho à minha mãe, cuja dedicação inabalável à
educação transformou minha vida e a de nossos familiares.
Por nunca medir esforços para garantir aos filhos acesso ao
conhecimento, à formação e a um futuro melhor.
Por ser professora e, acima de tudo, por ter sido — e sempre ser —
a minha primeira e melhor professora.
A ela, ofereço esta conquista com todo o meu amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, proteção e pela fé que sustentou cada passo desta caminhada;

À minha família, pelo amor incondicional, apoio constante e por acreditarem em mim mesmo à distância;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ewertton Bezerra, pela parceria ao longo dos anos, paciência, dedicação e pelos valiosos ensinamentos que contribuíram para o meu crescimento acadêmico e pessoal;

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Silas, pelo suporte, pela orientação precisa e pela constante disponibilidade em ajudar;

Às minhas companheiras de coleta, Alessandra e Andreia, que estiveram ao meu lado em todos os momentos, demonstrando disponibilidade, comprometimento e amizade durante todo o processo;

À Associação de Idosos do Coroadó (ASSIC), pela confiança no nosso trabalho, pela receptividade e carinho das participantes, que tornaram possível a realização deste estudo;

Ao Laboratório de Estudos do Desempenho Humano (LEDEHU), na pessoa do Prof. Dr. Mateus Rossato, por disponibilizar toda estrutura necessária para a realização das coletas;

Ao Laboratório de Tecnologia Assistiva e Análise do Movimento (LABTAM), por disponibilizar seus instrumentos e treinamento necessário para a realização das coletas;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCiMH) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pela oportunidade e pela concessão da bolsa de estudos;

Ao meu namorado e aos meus amigos, pelo incentivo, compreensão e apoio nas horas mais desafiadoras.

Resumo

O envelhecimento e a osteoartrite de joelho (OAJ) estão associados a alterações na qualidade muscular que podem comprometer o desempenho físico funcional. A intensidade do eco (IE) obtida por ultrassonografia modo B tem sido utilizada como marcador não invasivo da qualidade muscular, embora sua relação com a função física em mulheres idosas com OAJ ainda seja pouco compreendida. Este estudo investigou a associação entre a qualidade muscular dos músculos extensores do joelho e flexores e extensores do tornozelo e o desempenho físico funcional em mulheres idosas com e sem OAJ. Participaram 41 idosas (16 com OAJ e 25 sem OAJ). A qualidade muscular foi avaliada pela IE corrigida, e o desempenho físico funcional pelos testes Timed Up and Go e caminhada de 6 metros, analisados por sensor inercial. As análises estatísticas incluíram Shapiro–Wilk, testes t de Student ou Welch, Mann–Whitney U, correlações de Pearson ou Spearman e regressão linear múltipla, conduzidas no ambiente R 4.1.1. As comparações entre grupos não identificaram diferenças significativas nas medidas de qualidade muscular ($p > 0,05$) ou nas variáveis de desempenho funcional ($p > 0,05$), embora o grupo com OAJ tenha apresentado valores numericamente maiores de IE e tendência a desempenho discretamente inferior. As análises de correlação não revelaram associações estatisticamente significativas entre qualidade muscular e desempenho funcional em nenhum dos grupos. De forma semelhante, os modelos preditivos apresentaram baixo poder explicativo (R^2 ajustado entre $-0,02$ e $0,17$), indicando que, nesta amostra, as variáveis funcionais, idade e presença de OAJ não predizem de maneira consistente a qualidade muscular. Conclui-se que, embora a literatura descreva possíveis interações entre degeneração muscular e desempenho funcional em idosas, os resultados deste estudo não identificaram associações robustas entre qualidade muscular e função física, nem diferenças significativas entre mulheres com e sem OAJ. Estudos com amostras maiores e delineamentos longitudinais são necessários para aprofundar a compreensão dessas relações.

Palavras-chave: Osteoartrite de Joelho; Ultrassonografia; Qualidade Muscular; Desempenho Físico Funcional; Idoso.

Abstract

Aging and knee osteoarthritis are associated with declines in muscle quality that may compromise physical functional performance. Echo intensity obtained from B-mode ultrasound has been used as a noninvasive marker of muscle quality, although its relationship with physical function in older women with knee osteoarthritis remains poorly understood. This study investigated the association between muscle quality of the knee extensors and ankle plantarflexor and dorsiflexor muscles with functional physical performance in older women with and without knee OA. A total of 41 older women participated (16 with OA and 25 without OA). Muscle quality was assessed using corrected EI, and functional performance was evaluated through the Timed Up and Go test and 6-meter gait speed test, both analyzed using an inertial measurement unit. Statistical analyses included Shapiro–Wilk tests, Student's t-test or Welch's test, Mann–Whitney U test, Pearson or Spearman correlations, and multiple linear regression. All analyses were conducted in R 4.1.1. Between-group comparisons revealed no significant differences in muscle quality ($p > 0.05$) or functional performance ($p > 0.05$), although the OA group showed numerically higher EI values and slightly lower functional performance. Correlation analyses did not identify statistically significant associations between muscle quality and functional performance in either group. Similarly, predictive models demonstrated low explanatory power (adjusted R^2 ranging from -0.02 to 0.17), indicating that functional variables, age, and OA status did not consistently predict muscle quality within this sample. In conclusion, although prior literature highlights potential interactions between muscle degeneration and functional performance in older adults, the current findings did not reveal robust associations between muscle quality and physical function, nor significant differences between women with and without knee OA. Larger and longitudinal studies are warranted to further understand these relationships.

Keywords: Osteoarthritis, Knee; Ultrasonography; Muscle Quality; Physical Functional Performance; Aged.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Posição de radiografia aplicada para diagnóstico de osteoartrite de joelho no perfil antero-posterior e lateral em ambos os lados

Figura 2 – Análise do músculo gastrocnêmio medial esquerdo (GME) no software ImageJ

Figura 3 – Dispositivo de detecção inercial (Baibit Movement Analysis®) - Padrão de coleta dos Testes Timed Up and Go e Velocidade de caminhada de 6 metros

Figura 4 – Distribuição das fases do teste *Timed Up and Go* (TUG) por grupo

Figura 5 – Matriz de correlação (heatmap) entre as principais variáveis de qualidade muscular e desempenho funcional para a amostra geral

Figura 6 – Interações significativas de moderação entre qualidade muscular e desempenho físico funcional

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos participantes por grupo.....	27
Tabela 2 – Qualidade Muscular dos Músculos Avaliados por Grupo.....	28
Tabela 3 – Comparação do Desempenho Físico Funcional entre Grupos.....	30
Tabela 4 – Desempenho dos modelos preditivos (R^2 ajustado)	33
Tabela 5 – Análise de confiabilidade - Coeficiente de Correlação Intraclass.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP – Anteroposterior (incidência radiográfica)

ASSIC – Associação dos Idosos do Coroadó

CCC – Coeficiente de Correlação de Concordância de Lin

DFF – Desempenho Físico Funcional

FIV – Fator de Inflação da Variação

GM – Gastrocnêmio Medial

ICC – Coeficiente de Correlação Intraclassa

IE – Intensidade do Eco

IMC – Índice de Massa Corporal

ISAK – Sociedade Internacional para o Avanço da Cineantropometria

kV – Quilovoltagem

ma – Miliampères

MDC95 – Mudança Minimamente Detectável com 95% de confiança

OAJ – Osteoartrite de Joelho

QM – Qualidade Muscular

RF – Reto Femoral

SEM – Erro Padrão da Medida (Standard Error of Measurement)

TA – Tibial Anterior

TCLE – Termo Consentimento Livre Esclarecido

TUG – Teste Time Up and Go

VC6M – Teste de Velocidade de Caminhada de 6 metros

VL – Vasto Lateral

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.2 OBJETIVOS	13
1.3 HIPÓTESE	14
2. MATERIAIS E MÉTODOS	14
2.1. Delineamento do Estudo	14
2.2. Aspectos Éticos	15
2.3. Participantes	15
2.4. Instrumentos e Procedimentos	17
2.4.1. Avaliação Antropométrica	17
2.4.2. Diagnóstico de Osteoartrite	17
2.4.3. Avaliação da Qualidade Muscular	19
2.4.3.2. Análise das Imagens	20
2.4.4. Avaliação do Desempenho Físico Funcional	21
2.4.4.1. Teste Timed Up and Go (TUG)	23
2.4.4.2. Teste de Velocidade de Caminhada de 6 metros	23
2.5. Análise estatística	24
3. RESULTADOS	27
4. DISCUSSÃO	35
5. CONCLUSÃO	39
6. REFERÊNCIAS	40
7. APÊNDICES	44
8. ANEXOS	52

1. INTRODUÇÃO

1.1 Pressupostos teóricos

O envelhecimento populacional representa um dos maiores desafios contemporâneos para os sistemas de saúde globais, caracterizando-se por transformações fisiológicas progressivas que comprometem a funcionalidade e a qualidade de vida dos indivíduos (GOMES, 2021). Entre as alterações mais significativas associadas ao processo de envelhecimento, destacam-se as modificações na composição e função do tecido muscular esquelético, incluindo a redução da massa muscular, o aumento da infiltração de tecido adiposo e conjuntivo intramuscular, e o declínio da capacidade de geração de força (dinapenia), (ÖZTÜRK *et al.*, 2018). Essas alterações musculares não ocorrem de forma isolada, mas interagem complexamente com condições patológicas prevalentes na população idosa, potencializando limitações funcionais e aumentando o risco de incapacidade. A compreensão dessas interações torna-se fundamental para o desenvolvimento de estratégias preventivas e terapêuticas eficazes, especialmente considerando que a preservação da função muscular está diretamente relacionada à manutenção da independência funcional e à prevenção de desfechos adversos como quedas, fraturas e hospitalização (CRUZ *et al.*, 2014; GOMES, 2021; ÖZTÜRK *et al.*, 2018).

A osteoartrite de joelho emerge como uma das condições mais prevalentes e incapacitantes entre idosos, afetando aproximadamente 303 milhões de pessoas mundialmente e constituindo a 11ª principal causa de incapacidade global (CRUZ *et al.*, 2014; DING *et al.*, 2024; PALAZZO *et al.*, 2016). Esta doença degenerativa articular caracteriza-se pela destruição progressiva da cartilagem e tecidos circundantes, resultando em dor crônica, rigidez articular e limitação funcional significativa (DING *et al.*, 2024; SRIKANTH *et al.*, 2005). A prevalência da osteoartrite de joelho apresenta diferentes fatores incluindo idade, sexo, obesidade, genética e dieta, e fatores de nível articular, incluindo lesões e carga anormal das articulações e, observa-se que a doença é mais comum em mulheres do que em homens, sendo que nas mulheres aumentar dramaticamente na menopausa (DING *et al.*, 2024; LITWIC *et al.*, 2013; PALAZZO *et al.*, 2014).

A osteoartrite de joelho (OAJ) e quadril é a 11ª causa de incapacidade no mundo e é responsável por limitações de atividades, principalmente caminhada e o seu fardo é documentado, na Ásia Oriental foi a 6º na causa de anos vividos com incapacidade e nos países de rendimento elevado do Pacífico Oriental, o 10º na América do Norte, o 7º na Europa de Leste, mas o 13º na Europa Ocidental (PALAZZO *et al.*, 2016; CROSS *et al.*, 2014). Além disso, esta doença é responsável por limitações de atividades, principalmente caminhada de acordo com a “pesquisa de deficiência-saúde” francesa (PALAZZO *et al.*, 2014), sendo a principal contribuinte para as limitações nas atividades, com 22% de dificuldades para caminhar, 18,6% de dificuldades para transportar objetos e 12,8% de dificuldades para vestir-se atribuíveis à osteoartrite na França. No contexto latino-americano, estudos epidemiológicos revelam prevalências variando de 1,55% no Peru a 7,4% no Equador, com dados brasileiros indicando 22% de prevalência radiográfica em indivíduos acima de 39 anos (DE ANDRADE *et al.*, 2022). A crescente longevidade populacional, associada ao aumento dos fatores de risco modificáveis como obesidade e sedentarismo, projeta um incremento substancial no número de pessoas acometidas por osteoartrite de joelho nas próximas décadas, amplificando sua relevância como problema de saúde pública (LITWIC *et al.*, 2013). Por isso, compreender os fatores que contribuem para o mau funcionamento físico é importante para melhorar as limitações funcionais e prevenir incapacidades em pessoas com OAJ.

Em se tratando de funcionamento físico, a relação entre osteoartrite de joelho e função muscular representa um paradigma complexo de interações bidirecionais, onde alterações articulares influenciam a qualidade muscular e vice-versa, criando ciclos de retroalimentação que perpetuam e agravam as limitações funcionais (QUEEN; SPARLING; SCHMITT, 2016). Indivíduos com osteoartrite de joelho demonstram alterações biomecânicas significativas durante a locomoção, incluindo redução na eficiência da troca entre energia potencial e cinética, aumento do trabalho muscular necessário para controlar os movimentos do centro de massa e elevação dos custos metabólicos da marcha (QUEEN; SPARLING; SCHMITT, 2016). Essas adaptações compensatórias, embora inicialmente protetivas, podem levar a padrões de movimento disfuncionais que sobrecarregam estruturas musculares específicas, particularmente os músculos extensores do joelho e estabilizadores do tornozelo (TANIGUCHI *et al.*, 2015a).

A qualidade muscular, definida pela proporção entre elementos contráteis e não contráteis no tecido muscular, emerge como um determinante crítico da capacidade funcional, sendo potencialmente mais relevante que a massa muscular isoladamente para prever o desempenho físico funcional (WILHELM *et al.*, 2014). Estudos prévios sugerem que a presença de osteoartrite pode intensificar a relação entre qualidade muscular e função física, tornando a integridade muscular um fator ainda mais determinante para a manutenção da independência funcional nesta população específica (CADORE *et al.*, 2012; WILHELM *et al.*, 2014).

A avaliação da qualidade muscular por ultrassonografia, especificamente através da análise da intensidade do eco, representa uma abordagem inovadora e clinicamente viável para quantificar alterações na composição muscular (CADORE *et al.*, 2012; YUAN; KIM, 2023). Esta técnica não invasiva permite a identificação de infiltração de tecido não contrátil no músculo esquelético, fornecendo informações valiosas sobre a qualidade tecidual que não são capturadas por medidas tradicionais de massa ou força muscular isoladamente (FUKUMOTO *et al.*, 2023). Embora estudos anteriores tenham demonstrado associações entre intensidade do eco e capacidade funcional em idosos saudáveis, a investigação específica em populações com osteoartrite de joelho permanece limitada, particularmente no que se refere à análise de músculos além do quadríceps, como os flexores e extensores do tornozelo (i.e., gastrocnêmio, sóleo e tibial anterior) (CADORE *et al.*, 2012; WILHELM *et al.*, 2014); HARRIS-LOVE *et al.*, 2016; TANIGUCHI *et al.*, 2015).

A lacuna de conhecimento sobre como a presença de osteoartrite modifica as relações entre qualidade muscular e desempenho físico funcional representa uma oportunidade significativa para avançar na compreensão dos mecanismos subjacentes às limitações funcionais nesta população. Adicionalmente, a identificação de padrões específicos de associação entre qualidade muscular e função física em mulheres idosas com osteoartrite de joelho pode fundamentar o desenvolvimento de estratégias de avaliação e intervenção mais precisas e personalizadas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Investigar a associação entre a qualidade muscular dos músculos extensores do joelho e flexores e extensores do tornozelo, e as medidas de desempenho físico funcional em mulheres idosas com e sem osteoartrite de joelho.

1.1.2 Específicos

- Caracterizar a qualidade muscular dos músculos extensores do joelho e flexores e extensores do tornozelo em mulheres idosas com e sem osteoartrite de joelho;
- Caracterizar os parâmetros do teste de 6 metros e timed up and go em mulheres idosas com e sem osteoartrite de joelho;
- Comparar as medidas de desempenho físico funcional entre mulheres idosas com e sem osteoartrite de joelho;
- Verificar correlações entre medidas de desempenho físico funcional e qualidade muscular;
- Verificar modelos preditivos entre os parâmetros dos índices de marcha, timed up and go e qualidade muscular.

1.3 HIPÓTESE

Espera-se que a presença de osteoartrite de joelho module a relação entre qualidade muscular e desempenho físico funcional, com associações mais fortes e específicas no grupo com osteoartrite, refletindo maior dependência da integridade muscular para manutenção da função física nesta condição patológica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Delineamento do Estudo

Trata-se de um estudo transversal, observacional e analítico, desenvolvido com mulheres idosas da Associação dos Idosos do Coroadó (ASSIC), localizada no bairro Coroadó, na cidade de Manaus - Amazonas.

2.1.2 Procedimento experimental

Para testar a hipótese do estudo, o procedimento experimental ocorreu em quatro

fases: a) identificação dos participantes com osteoartrite de joelho (OAJ) utilizando critérios estabelecidos pelo *American College of Rheumatology* em 1990 e classificação radiográfica de Kellgren e Lawrence em 1957; b) distribuição dos participantes em dois grupos (com ou sem osteoartrite de joelho); c) aplicação das avaliações morfológicas e de desempenho físico funcional; d) reavaliação de alguns participantes para fins de reprodutibilidade, semelhante à realizada na penúltima etapa.

Todas as avaliações aconteceram no Laboratório de Estudos do Desempenho Humano (LEDEHU), localizado na Faculdade de Educação Física e Fisioterapia (FEFF) da Universidade Federal do Amazonas.

2.2. Aspectos Éticos

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Amazonas, sob o CAAE 86433225.9.0000.5020, com parecer nº 7.447.737. Todas as participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes de participar do estudo, em conformidade com a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

2.3. Participantes

O recrutamento das participantes ocorreu por conveniência, durante reunião realizada na Associação de Idosos do Coroadó (ASSIC). As mulheres presentes foram convidadas a participar do estudo conforme sua disponibilidade e interesse. Foram elegíveis aquelas que atendiam aos critérios estabelecidos, incluindo possuir diagnóstico prévio de osteoartrite de joelho para composição do grupo clínico.

2.3.1. Critérios de Inclusão

As participantes do estudo foram divididas em dois grupos: mulheres idosas com diagnóstico de osteoartrite de joelho (OAJ) e mulheres idosas sem diagnóstico da doença (Sem OAJ). Para inclusão no grupo OAJ, foram elegíveis mulheres com idade igual ou superior a 60 anos, diagnóstico de osteoartrite confirmado segundo os critérios do *American College of Rheumatology* (1990), classificação radiográfica de Kellgren &

Lawrence (1957) igual ou superior ao grau 2, capacidade de deambulação independente e ausência de déficits cognitivos que pudessem comprometer a compreensão dos procedimentos.

No grupo Sem OAJ, foram incluídas mulheres com idade igual ou superior a 60 anos, sem diagnóstico médico de osteoartrite de joelho e com classificação radiográfica de Kellgren e Lawrence inferior ao grau 2. Além disso, todas as participantes deveriam apresentar capacidade de deambulação independente e não apresentar déficits cognitivos impeditivos para a realização das avaliações.

2.3.2. Critérios de Exclusão

Os critérios de exclusão aplicados a ambos os grupos contemplaram a presença de outras doenças articulares inflamatórias, como artrite reumatoide ou lúpus sistêmicos; histórico de cirurgia prévia em joelho ou quadril; uso de dispositivos auxiliares para marcha; contraindicações médicas para a realização dos testes físicos; e presença de condições neurológicas capazes de afetar o controle motor.

2.3.3. Amostra

O cálculo do tamanho amostral foi realizado a partir dos objetivos específicos do estudo e das análises estatísticas propostas, considerando nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) e poder estatístico de 80% ($\beta = 0,20$). Para a análise de confiabilidade, utilizou-se a fórmula de (WALTER; ELIASZIW; DONNER, 1998) para o Coeficiente de Correlação Intraclassa (ICC), assumindo ICC esperado de 0,90, precisão de $\pm 0,15$ e duas medidas repetidas, o que resultou em um tamanho mínimo de 15 participantes, conforme a equação:

$$n = ((z_{\{\alpha/2\}} \times \sqrt{[2(1-ICC)^2 \times [1+(k-1) \times ICC]^2]) / (precisão \times k \times (k-1)))^2$$

onde k representa o número de medidas repetidas (k=2).

Para a comparação entre grupos, aplicou-se a fórmula de Cohen (1988) para o teste t de duas amostras independentes, assumindo tamanho de efeito moderado (d = 0,5). O cálculo resultou em 126 participantes (63 por grupo), segundo a equação:

$$n = 2 \times ((z_{\alpha/2} + z_{\beta}) / d)^2$$

Nas análises de correlação, considerando a detecção de correlações moderadas ($r = 0,5$), foi utilizada a transformação de Fisher, resultando em amostra mínima de 30 participantes, conforme:

$$n = ((z_{\alpha/2} + z_{\beta}) / z_r)^2 + 3$$

Por fim, para a análise de moderação por regressão múltipla, adotou-se a regra de Green (1991) de 15 casos por preditor, considerando quatro preditores principais, sendo estimada a necessidade de 60 participantes.

A amostra obtida foi composta por 41 mulheres idosas, das quais 16 (39,0%) apresentavam osteoartrite de joelho e 25 (61,0%) não tinham diagnóstico da doença. Dessa forma, a amostra mostrou-se adequada para os objetivos de correlação e verificação da confiabilidade, mas inferior ao estimado para análises comparativas entre grupos e moderação.

2.4. Instrumentos e Procedimentos

2.4.1. Avaliação Antropométrica

As medidas antropométricas foram realizadas para caracterização dos participantes e seguiram os protocolos da Sociedade Internacional para o Avanço da Cineantropometria (ISAK) (NORTON; OLDS; ALBERNAZ, 2005). A altura dos participantes foi medida com estadiômetro portátil (Sanny®, Brasil) e o peso foi verificado com balança digital (Welmy®, Brasil). O índice de massa corporal (IMC) foi determinado por meio da equação: $IMC = \text{peso} / \text{altura}^2$ (kg / m^2) (GOMES, 2020; SILVA, 2020).

2.4.2. Diagnóstico de Osteoartrite

O diagnóstico de osteoartrite de joelho foi confirmado através de Avaliação clínica e radiográfica, em que a avaliação clínica se baseou nos critérios do *American College of Rheumatology* (1990) e as radiografias foram classificadas segundo os critérios de Kellgren e Lawrence (1957). As radiografias de ambos os joelhos foram realizadas sem carga voluntária em decúbito dorsal para incidência ântero posterior (AP) e em decúbito

lateral para a incidência perfil em protocolo-padrão, figura 1A. A incidência em AP aconteceu com o joelho em extensão com distância tubo-filme de um metro e o raio centrado no polo inferior da patela. A incidência lateral foi feita com o joelho em 35° de flexão e estando a paciente em posição decúbito lateral, a distância tubo-filme foi de um metro, figura 1B.

Para todas as medidas foi usado o equipamento de raios X (fabricante PHILIPS, modelo DUODIAGNÖSTIC 800 miliamperes (ma) e 150 quilovoltagem (kV)). Os exames foram realizados por um técnico habilitado e acompanhados pelo pesquisador principal quanto à qualidade da imagem e repetidos caso fossem julgados de má qualidade técnica, bem como eram observados o posicionamento do paciente e as angulações do joelho e do aparelho de raios X. As medidas das angulações foram determinadas com o uso de um goniômetro. Utilizando grade anti-difusora de Lisholm com os seguintes fatores radiográficas: Incidência AP do joelho: 25 ma e 60 kV distância foco filme 1,00 m Incidência perfil de joelho 25 ma e 55 kV.

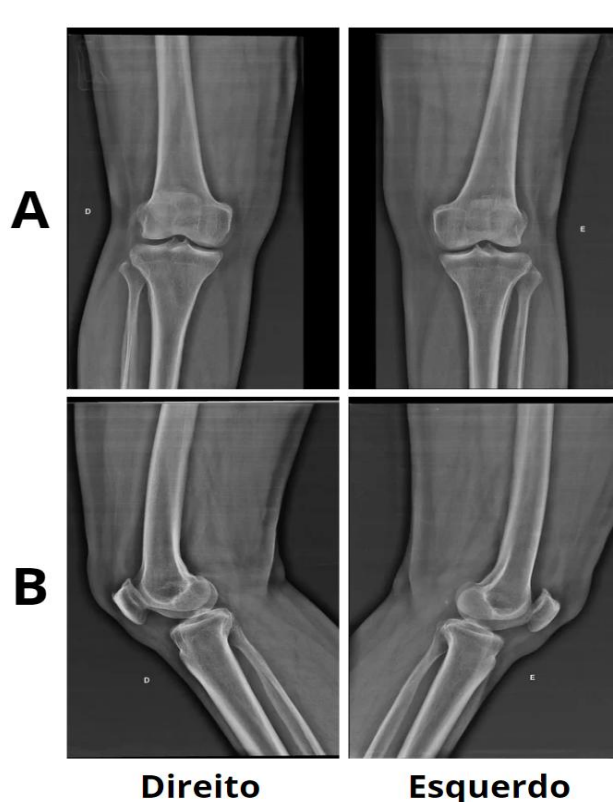


Figura 1 – Posição de radiografia aplicado para diagnóstico de OAJ, no perfil antero-posterior (1) e lateral (2) em ambos os lados.

As imagens foram avaliadas por um médico independente que considerou a classificação de Kellgren e Lawrence (GONÇALVES *et al.*, 2017) conforme descrito:

- Grau I: Diminuição ligeira da altura da cartilagem/interlinha articular - estreitamento do espaço articular duvidoso e possíveis osteófitos na borda;
- Grau II: Obliteração do espaço articular - possível estreitamento do espaço articular e osteófitos definidos;
- Grau III: Perda óssea $\leq 7\text{mm}$ medidos ao longo das margens articulares externa ou interna a partir de uma linha traçada perpendicularmente ao eixo da tíbia e tangencial à superfície articular não afetada - definido estreitamento do espaço articular, múltiplos osteófitos, alguma esclerose subcondral e possível deformidade do contorno ósseo;
- Grau IV: Perda óssea $> 7\text{mm}$ medido como acima descrito - notável estreitamento do espaço articular, severa esclerose subcondral, definida deformidade do contorno ósseo e presença de grandes osteófitos;
- Grau V: Grau IV + subluxação, definida como deslocação externa da tíbia em relação ao fêmur de pelo menos 10mm.

2.4.3. Avaliação da Qualidade Muscular

A qualidade muscular foi avaliada por meio de ultrassonografia em modo B, utilizando o equipamento Mindray® DP-30, acoplado a um transdutor linear de 7,5 MHz. Durante o procedimento, foi utilizado gel de acoplamento em quantidade generosa para garantir a qualidade da imagem e minimizar a pressão do transdutor sobre a pele, evitando compressão excessiva. A orientação do transdutor foi considerada satisfatória quando as bordas do campo de recepção puderam ser claramente identificadas. As configurações de ultrassom permaneceram fixas para cada participante em cada músculo avaliado (GM: ganho: 91; frequência: 10.0; profundidade: 6.5; RF: ganho: 91; frequência: 6.5; profundidade: 7.4; VL: ganho: 91; frequência: 6.5; profundidade: 7.4 e; TA: ganho: 91; frequência: 6.5; profundidade: 7.4).

O protocolo de avaliação determinou que as participantes não realizassem atividade física vigorosa nas 48 horas anteriores ao exame e antes da aquisição das imagens todas as participantes permaneceram em repouso por dez minutos para

equilíbrio dos fluidos corporais (BARONI *et al.*, 2013). Para cada músculo, foram adquiridas três imagens transversais consecutivas, com as participantes em repouso, seguindo protocolos previamente descritos na literatura (CARESIO *et al.*, 2015; TANIGUCHI *et al.*, 2015).

Nos músculos extensores do joelho, a aquisição das imagens do reto femoral (RF), direito e esquerdo, foram realizadas a meio caminho da linha da espinha ilíaca ântero superior até a borda superior da patela; o vasto lateral (VL) na metade da linha que vai da espinha ilíaca ântero superior até a borda súpero lateral da patela; o tibial anterior (TA) a um quarto da distância da borda inferior da patela ao maléolo lateral; o gastrocnêmio medial a partir da linha sagital média do músculo e a meio caminho entre as inserções do tendão proximal e distal (CARESIO *et al.*, 2015).

Para a aquisição, as voluntárias foram posicionadas em decúbito dorsal, com os joelhos estendidos, exceto no caso do gastrocnêmio medial, cuja avaliação foi realizada em decúbito ventral. Para abordar a reprodutibilidade intradia, foram realizadas três medidas nas respectivas regiões do corpo (VL, RF, TA e GM) e, com no mínimo 48 horas após a primeira avaliação, algumas das participantes repetiram as medidas para a análise de reprodutibilidade entre os dias.

2.4.3.2. Análise das Imagens

As imagens foram analisadas pelo *software ImageJ* (linha reta, cor da linha: amarelo, versão 1.48v, (*National Institutes of Health*, Bethesda, MD, EUA)), com pixels pretos e brancos que correspondem a valores de 0 e 255 unidades arbitrárias, respectivamente (YOUNG *et al.*, 2015). A ferramenta retangular foi empregada para delimitar a região de interesse e calcular a intensidade do eco, garantindo a exclusão da fáscia muscular das bordas da seleção. A espessura da gordura subcutânea foi determinada com a ferramenta linha reta, considerando a distância entre a superfície da pele e a borda superior da aponeurose do músculo, mensurada em cinco pontos distintos (esquerda, entre esquerda e centro, centro, entre centro e direita e direita), conforme indicado na imagem (“Medida do tecido adiposo”), figura 2.

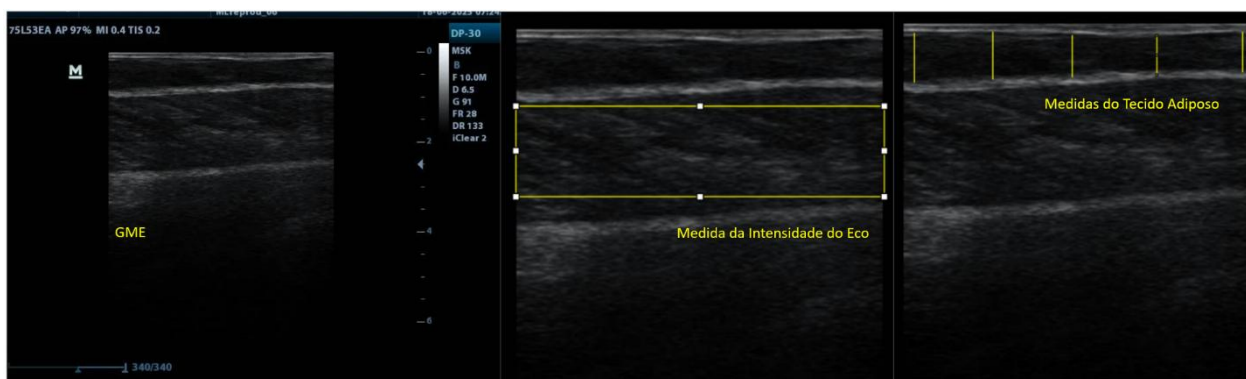


Figura 2. Análise do músculo gastrocnêmio medial esquerdo (GME) no software ImageJ. Exemplo de análise ultrassonográfica do músculo gastrocnêmio medial esquerdo (GME) utilizando o software ImageJ. O mesmo procedimento foi adotado para a análise dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL) e tibial anterior (TA).

A espessura da gordura subcutânea foi registrada utilizando-se a função linha reta do *ImageJ* como a distância entre a pele e a borda superior da aponeurose do músculo em cinco locais (esquerda, centro e direita e; entre esquerda e o centro, centro e direita). Os valores de intensidade do eco foram corrigidos para a espessura da gordura subcutânea utilizando-se a seguinte equação:

$$IE_{\text{corrigido}} = IE_{\text{medido}} + 39.2297 \times AT$$

Onde $IE_{\text{corrigido}}$ = intensidade do eco corrigida para gordura subcutânea, IE_{medido} = valores brutos de intensidade de eco, FC = fator de correção (39.2297), AT = valor da espessura da gordura subcutânea (média de três medições), conforme estabelecido anteriormente por (MÜLLER *et al.*, 2020). A correção para a gordura subcutânea é necessária para controlar os efeitos de confusão da espessura da gordura na intensidade do eco muscular (YOUNG *et al.*, 2015).

2.4.4. Avaliação do Desempenho Físico Funcional

Os parâmetros espaço-temporais dos testes de avaliação físico-funcionais velocidade de caminhada de 6 metros (VC6M) e Time Up Go (TUG) foram avaliados usando um dispositivo de detecção inercial sem fio validado (BUGANÉ *et al.*, 2012) (Baibit Movement Analysis®, BTS Bioengineering S.P.A., Italy), como observado na Figura 3. A utilização do dispositivo sensor teve como objetivo coletar dados objetivos que nos

permitiram avaliar o padrão de caminhada do sujeito de forma precisa. Este dispositivo sensor é calibrado com a aceleração gravitacional imediatamente após a fabricação.

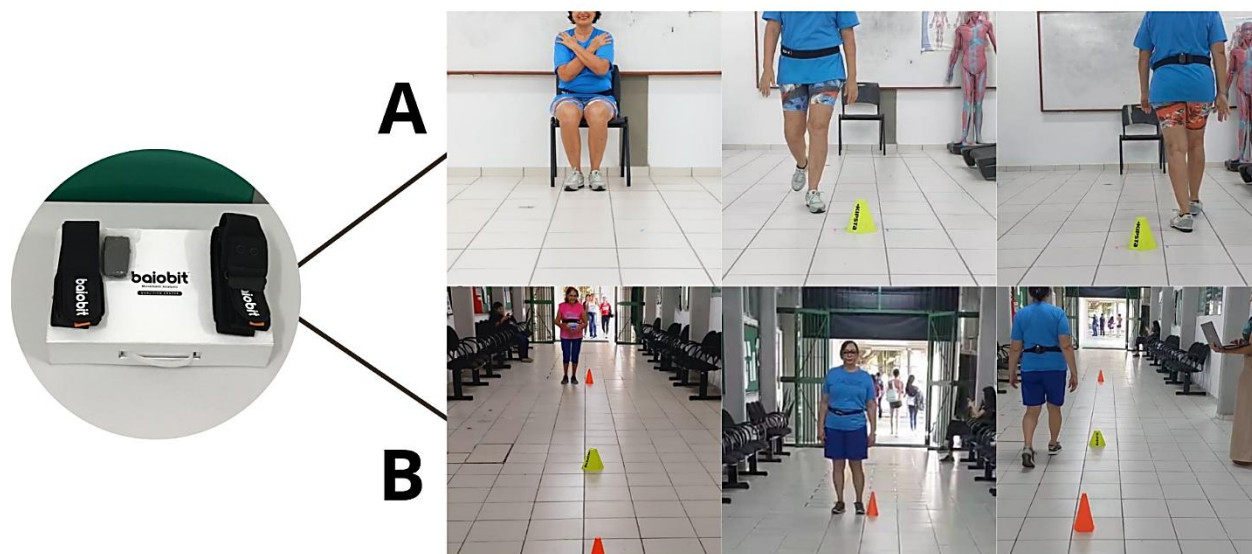


Figura 3. Dispositivo de detecção inercial (Baibit Movement Analysis®). A) Padrão de coleta do Teste Timed Up and Go, incluindo a transição sentado-para-levantar, deslocamento até o cone, retorno e sentar-se novamente e; B) Teste de Velocidade de caminhada de 6 metros, com análise dos 6 metros centrais, realizado em velocidade habitual no corredor demarcado. Em ambos os testes, as participantes utilizaram sensor inercial fixado à cintura para registro dos parâmetros de movimento.

Os dados coletados, transmitidos via *Bluetooth* para um PC e processados através dos *softwares* Baibit by Rivelo e/ou G-Studio (BTS Bioengineering S.P.A., Italy), permitiram obter um conjunto de parâmetros de marcha evidenciados no relatório clínico da avaliação com o dispositivo, em que foram observadas 2 seções principais: (i) espaços - temporais da caminhada e; (ii) fases do ciclo da marcha de cada lado da perna. Para a coletado dos dados utilizado o dispositivo de detecção inercial, foi fixado conforme recomendações do fabricante, dado que o posicionamento adequado do sensor no indivíduo a ser avaliado, permite que a aceleração seja coletada em torno dos três eixos anatômicos ortogonais, ou seja, os eixos ântero posterior, médio-lateral e vertical (BUGANÉ *et al.*, 2012; PAU *et al.*, 2014).

2.4.4.1. Teste Timed Up and Go (TUG)

O teste *Timed Up and Go* (TUG) teve como objetivo avaliar a velocidade, a agilidade e o equilíbrio postural dinâmico. Para a sua realização, utilizou-se uma cadeira padrão com encosto, posicionada encostada à parede, com altura do assento de 43 cm. À frente da cadeira, a uma distância de três metros, foi colocado um cone como ponto de referência. O protocolo consistiu em instruir a participante a levantar-se da cadeira sem auxílio das mãos, com os braços cruzados próximos ao peito, caminhar em direção ao cone sem correr, contorná-lo e retornar ao ponto inicial, sentando-se novamente sem auxílio das mãos, no menor tempo possível (BEZERRA *et al.*, 2024; SILVA *et al.*, 2018).

Cada participante realizou dez tentativas, sendo cinco contornando o cone pelo lado direito e cinco pelo lado esquerdo, com intervalos de um minuto entre as repetições. Durante todo o teste, utilizou-se o dispositivo de análise de movimento Baiobit® Movement Analysis, fixado logo acima das cristas ilíacas, que permaneceu até a conclusão de todas as tentativas (NEGRINI *et al.*, 2017). Esse equipamento permitiu a quantificação detalhada das fases do movimento e a coleta de parâmetros cinemáticos, como acelerações e velocidades angulares.

As variáveis analisadas incluíram o tempo total de execução do teste (em segundos), a velocidade média no percurso e a duração das diferentes fases do movimento: transição sentado para levantar, marcha de ida, virada intermediária, marcha de volta, virada final e transição em pé para sentar.

2.4.4.2. Teste de Velocidade de Caminhada de 6 metros

O teste de marcha teve como objetivo avaliar a velocidade, a cadência, o comprimento da passada e índices de simetria e qualidade do movimento. O protocolo foi realizado em corredor plano de 10 metros, sendo considerados para análise apenas os 6 metros centrais, de forma a minimizar os efeitos de aceleração inicial e desaceleração final. As participantes foram instruídas a caminhar em velocidade habitual, de forma confortável, esforçando-se, mas sem correr, repetindo a tarefa cinco vezes com intervalo de um minuto entre as tentativas (SILVA *et al.*, 2018).

Durante todo o teste, utilizou-se o sistema Baiobit® Movement Analysis, fixado à cintura das participantes por meio de uma cinta semielástica, posicionada sobre o espaço intervertebral L4-L5, conforme padronização descrita por Pau *et al.* (2014). Esse dispositivo permitiu a análise cinemática detalhada do padrão de marcha, fornecendo informações sobre velocidade (m/s), cadência (passos/min), comprimento da passada absoluto (m) e relativo à altura (%), além da duração das fases do ciclo da marcha. Adicionalmente, foram gerados índices de qualidade da marcha e de simetria, que possibilitaram avaliar o equilíbrio e a coordenação durante o deslocamento.

2.5. Análise estatística

2.5.1. Análise Descritiva, Normalidade e Homogeneidade

A análise estatística teve início com a caracterização descritiva das variáveis estudadas. As variáveis contínuas com distribuição paramétrica foram apresentadas como média $\pm$ desvio padrão. As variáveis categóricas, por sua vez, foram expressas em frequências absolutas e relativas, possibilitando uma visão abrangente das características da amostra.

A normalidade da distribuição dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk, considerado apropriado para amostras de tamanho moderado. A homogeneidade das variâncias entre os grupos foi verificada pelo teste de Levene, assegurando a adequação do uso de testes paramétricos subsequentes.

2.5.2. Análise de Confiabilidade e Concordância

A confiabilidade das medidas repetidas foi investigada por meio do Coeficiente de Correlação Intraclass (ICC), sendo adotado o modelo ICC (2,1), apropriado para estudos nos quais múltiplas medidas são realizadas pelo mesmo avaliador. A interpretação dos valores seguiu os critérios de Koo & Li (2016), classificando a confiabilidade como pobre ($ICC < 0,5$), moderada ($0,5-0,75$), boa ($0,75-0,9$) ou excelente ($\geq 0,9$). Além disso, foram calculados o Erro Padrão de Medida (SEM), utilizando a fórmula $SEM = DP \times \sqrt{1 - ICC}$, e a Mudança Minimamente Detectável com 95% de confiança (MDC95), obtida por $MDC95 = SEM \times 1,96 \times \sqrt{2}$. Esses parâmetros

complementares permitiram avaliar a precisão das medidas e identificar a menor mudança detectável que poderia ser considerada clinicamente relevante.

A concordância entre medidas repetidas foi avaliada pelo Coeficiente de Correlação de Concordância de Lin (CCC), com cálculo do intervalo de confiança de 95%. A interpretação dos resultados seguiu os critérios propostos por McBride (2005), classificando a concordância como pobre ($< 0,90$), moderada ($0,90-0,95$), substancial ($0,95-0,99$) ou quase perfeita ($\geq 0,99$).

2.5.5. Comparações entre Grupos

As comparações entre os grupos com OAJ e sem OAJ foram realizadas utilizando testes estatísticos adequados às características das distribuições. Quando as variáveis apresentaram distribuição normal e variâncias homogêneas, utilizou-se o teste t de Student. Para variáveis com distribuição normal, mas com variâncias heterogêneas, aplicou-se o teste t de Welch, enquanto para variáveis sem distribuição normal foi utilizado o teste de Mann-Whitney U.

2.5.6. Análise de Correlação

As relações entre a qualidade muscular e o desempenho físico funcional foram analisadas por meio de correlações de Pearson, quando as variáveis apresentaram distribuição normal, e de Spearman, quando não atenderam a esse pressuposto. As análises foram conduzidas em três níveis: na amostra total ($n = 41$), no grupo OAJ ($n = 16$) e no grupo Sem OAJ ($n = 25$). Essa abordagem possibilitou identificar padrões distintos de associação entre os grupos, além de avaliar a força das correlações em cada condição.

2.5.7. Modelos de Regressão

2.5.7.1. Regressão Linear Múltipla

A modelagem preditiva foi realizada por meio de regressão linear múltipla, testando três modelos hierárquicos: o Modelo 1 incluiu apenas variáveis de qualidade muscular; o Modelo 2 acrescentou variáveis de controle, como idade e IMC; e o Modelo

3 incorporou termos de interação entre grupo × qualidade muscular, possibilitando avaliar se as associações diferiam em função da presença de osteoartrite.

2.5.7.2. Análise de Moderação

A análise de moderação foi conduzida a partir de modelos de regressão que incluíram termos de interação, segundo a equação:

$$Y = \beta_0 + \beta_1(QM) + \beta_2(Grupo) + \beta_3(QM \times Grupo) + \varepsilon$$

Em que Y representa a variável de desempenho físico funcional, QM refere-se à qualidade muscular centrada na média, Grupo é uma variável dummy (0 = Sem OAJ; 1 = OAJ) e QM×Grupo corresponde ao termo de interação. A significância estatística do termo de interação foi utilizada como evidência de moderação do grupo sobre a relação entre qualidade muscular e função física.

A adequação dos modelos de regressão foi verificada a partir de diferentes pressupostos. A linearidade foi inspecionada por meio de gráficos de dispersão, a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk, e a homocedasticidade pela análise de gráficos de resíduos versus valores ajustados. A multicolinearidade foi avaliada pelo Fator de Inflação da Variância (VIF), considerando valores inferiores a 5 como aceitáveis. A independência dos resíduos foi confirmada pelo teste de Durbin-Watson.

2.5.8. Validação Cruzada

A capacidade preditiva dos modelos foi testada por meio de validação cruzada do tipo *Leave-One-Out* (LOO), considerada apropriada para amostras de tamanho moderado. Esse procedimento permite avaliar a robustez dos modelos e minimizar riscos de *overfitting*.

2.5.9. Tamanho do Efeito

Além da significância estatística, foi calculado o tamanho do efeito das comparações. Para os testes paramétricos, utilizou-se o d de Cohen, enquanto para os testes não paramétricos foi empregado o coeficiente de correlação r. A interpretação

seguir critérios convencionais, considerando efeitos pequenos ($d < 0,5$ ou $r < 0,3$), médios ($d = 0,5-0,8$ ou $r = 0,3-0,5$) e grandes ($d > 0,8$ ou $r > 0,5$).

2.5.10. Software e Nível de Significância

Todas as análises foram realizadas no ambiente R 4.1.1 (2025), com nível de significância adotado de $p < 0,05$, salvo nas comparações múltiplas em que se aplicou a correção de Bonferroni. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando scripts personalizados desenvolvidos na linguagem R, garantindo reprodutibilidade completa dos resultados, os scripts de todas as análises estão no Apêndice B.

3. RESULTADOS

3.1. Características dos Participantes

O estudo incluiu 41 mulheres idosas, sendo 16 (39,0%) com osteoartrite de joelho e 25 (61,0%) sem osteoartrite. Os grupos apresentaram características demográficas semelhantes, sem diferenças estatisticamente significativas para idade, altura, peso e IMC ($p > 0,05$). Observou-se uma tendência maior no IMC do grupo OAJ (31,8 kg/m²) em comparação ao grupo Sem OAJ (29,1 kg/m²), com tamanho de efeito médio ($d = 0,51$), embora sem significância estatística ($p = 0,142$), conforme apresentado na tabela 1.

Entre as participantes com osteoartrite, o grau radiográfico médio segundo Kellgren–Lawrence foi de $2,06 \pm 0,93$ no membro direito e $1,94 \pm 0,93$ no membro esquerdo.

Tabela 1. Características dos participantes por grupo

Variável	Grupo Sem OAJ (n=25)	Grupo OAJ (n=16)	p-valor	Tamanho do Efeito
Idade (anos)	71,6 $\pm$ 4,8	70,4 $\pm$ 6,2	0,512	0,23 (pequeno)
Altura (m)	1,52 $\pm$ 0,06	1,51 $\pm$ 0,05	0,634	0,18 (pequeno)

Peso (kg)	67,9 ± 15,4	73,0 ± 13,4	0,298	0,35 (pequeno)
IMC (kg/m ²)	29,1 ± 5,6	31,8 ± 5,0	0,142	0,51 (médio)
Classificação de OAJ		D	E	
Grau de OAJ	—	2,06 ± 0,93	1,94 ± 0,93	—

Nota: Dados apresentados como média ± desvio padrão (amplitude). IMC: Índice de Massa Corporal. p- valor obtido pelo teste t de Student ou Mann-Whitney conforme distribuição dos dados. Grau de osteoartrite de joelho classificado segundo os critérios radiográficos de Kellgren e Lawrence, com diagnóstico confirmado conforme os critérios clínicos do American College of Rheumatology (1990). D = membro inferior direito; E = membro inferior esquerdo.

3.2. Análises Descritivas por Grupo

3.2.1. Caracterização da Qualidade Muscular por Grupo

A comparação da qualidade muscular entre os grupos revelou diferenças significativas apenas para o músculo vasto lateral. O grupo com osteoartrite de joelho apresentou valores maiores de intensidade do eco tanto no vasto lateral direito ($p = 0,024$; $d = 0,89$) quanto no vasto lateral esquerdo ($p = 0,017$; $d = 0,97$), ambos com tamanho de efeito classificado como grande. Para os demais músculos avaliados — reto femoral direito e esquerdo, gastrocnêmio medial direito e esquerdo e tibial anterior direito e esquerdo — não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p > 0,05$), com tamanhos de efeito variando entre pequeno a médio, tabela 2.

Tabela 2. Qualidade Muscular dos Músculos Avaliados entre Grupos

Músculo	Teste	t	p-valor	Cohen's d
Extensores do Joelho				
RF Direito	Mann-Whitney U	160.000	0.2911	-0.373(pequeno)

Músculo	Teste	t	p-valor	Cohen's d
RF Esquerdo	Mann-Whitney U	154.000	0.2240	-0.358(pequeno)
VL Direito	Mann-Whitney U	82.000	0.0017	-1.090(grande)
VL Esquerdo	Teste t independente	-2.646	0.0117	-0.847(grande)
Flexores/Extensores do Tornozelo				
GM Direito	Mann-Whitney U	183.000	0.6592	-0.350(pequeno)
GM Esquerdo	Mann-Whitney U	140.000	0.1118	-0.591(médio)
TA Direito	Teste t independente	-0.985	0.3305	-0.315(pequeno)
TA Esquerdo	Teste t independente	-1.511	0.1388	-0.484(pequeno)

Nota: RF: reto femoral; VL: vasto lateral; GM: gastrocnêmio medial; TA: tibial anterior. U: estatística do teste de Mann–Whitney; t: estatística do teste t independente. Nível de significância adotado: $p < 0,05$. Cohen's *d* interpretado conforme: trivial ($< 0,20$), pequeno (0,20–0,49), médio (0,50–0,79) e grande ($\geq 0,80$).

3.3. Desempenho Físico Funcional por Grupo

A análise comparativa do desempenho físico funcional não identificou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos em nenhuma das variáveis avaliadas ($p > 0,05$), tabela 3. Para o Timed Up and Go (TUG), tanto o tempo do lado dominante quanto do lado não dominante apresentou valores semelhantes entre os grupos, com tamanhos de efeito pequenos (Cohen's *d* entre -0.394 e -0.278). De forma semelhante, as medidas de velocidade média do TUG também não diferiram significativamente ($p = 0,1072$ – $0,2346$), com tamanhos de efeito pequenos a médios ($d = 0.387$ – 0.528).

No teste de marcha de 6 metros, a cadência média não apresentou diferença significativa entre os grupos ($p = 0.4618$; $d = -0.238$), assim como o comprimento médio da passada ($p = 0.3105$; $d = 0.329$). Ambos os tamanhos de efeito foram considerados pequenos. De modo geral, os resultados indicaram desempenho funcional semelhante entre mulheres idosas com e sem osteoartrite de joelho nas variáveis avaliadas.

Tabela 3. Parâmetros dos Testes Funcionais por Grupos

Parâmetro	Teste	t	p-valor	Cohen's d
Teste Timed Up and Go				
TUGDir Tempo(s)	Mann-Whitney U	146.000	0.1528	-0.394(pequeno)
TUGDir velocidade média (m/s)	Teste t independente	1.649	0.1072	0.528(médio)
TUGEsq Tempo (s)	Mann-Whitney U	157.000	0.2560	-0.278(pequeno)
TUGEsq Velocidade(m/s)	Teste t independente	1.207	0.2346	0.387(pequeno)
Média VC6M_Tempo (s)	Teste t independente	-0.442	0.6612	-0.141(trivial)
Média VC6M Velocidade: (m/s)	Teste t independente	1.169	0.2496	0.374(pequeno)
Média VC6M Cadência: (passos/s)	Teste t independente	-0.743	0.4618	-0.238(pequeno)
Média VC6M Comprimento da Passada (m)	Teste t independente	1.028	0.3105	0.329(pequeno)

Nota: U = estatística do teste de Mann–Whitney. t = estatística do teste. Nível de significância adotado: $p = < 0,05$. Cohen's d interpretado como: trivial ($<0,20$), pequeno ($0,20–0,49$), médio ($0,50–0,79$) e grande ($\geq 0,80$). Diferenças não alcançaram significância estatística.

3.4. Análise Detalhada das Fases do TUG

A análise cinemática detalhada do teste TUG demonstrou distribuição proporcional e semelhante das fases do movimento entre os grupos. No grupo com OAJ, a fase de marcha de volta representou a maior proporção do tempo total (26,2%), seguida pela marcha de ida (25,0%) e pela transição sentado para levantar (21,4%). O tempo médio total do TUG foi composto ainda por 14,3% correspondentes à virada e 13,1% à transição em pé para sentar. De forma semelhante, o grupo sem OAJ apresentou percentuais comparáveis, com a marcha de volta representando 26,3% do tempo total, a marcha de ida 25,0% e a fase sentado para levantar 21,3%, mantendo a sequência temporal observada no grupo OAJ, Figura 4.

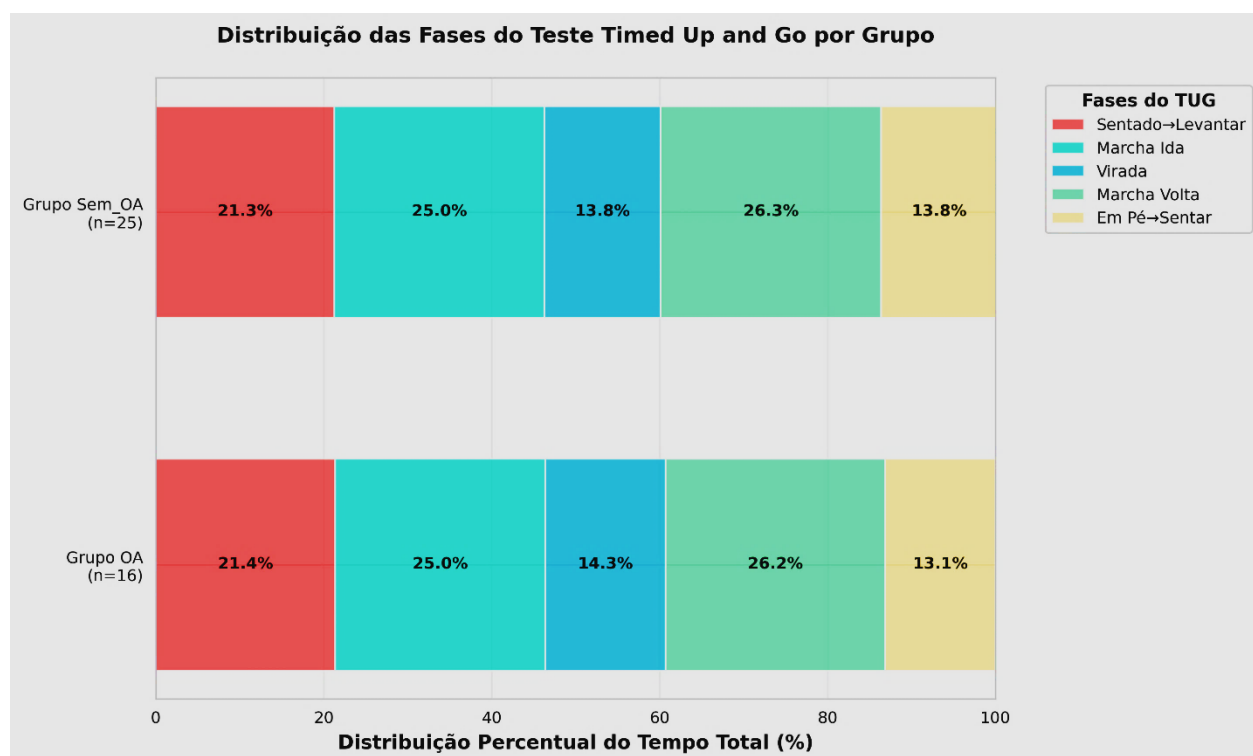


Figura 4 – Distribuição das fases do teste *Timed Up and Go* (TUG) por grupo
Distribuição percentual das fases do TUG em relação ao tempo total de execução do teste. OAJ = osteoartrite de joelho; Sem OAJ = sem osteoartrite.

3.5. Análises de Correlação

A análise das correlações, realizada tanto na amostra geral quanto de forma estratificada pelos grupos com e sem osteoartrite de joelho, não identificou associações

estatisticamente significativas entre as medidas de qualidade muscular e os parâmetros de desempenho físico funcional ($p > 0,05$), figura 5. Assim como nenhuma das variáveis de intensidade do eco apresentou relação linear significativa com o tempo do TUG, velocidade média, cadência ou comprimento da passada no teste de caminhada de 6 metros. Esses resultados indicam que, na presente amostra, variações na qualidade muscular não se associaram diretamente ao desempenho funcional medido pelos testes utilizados.

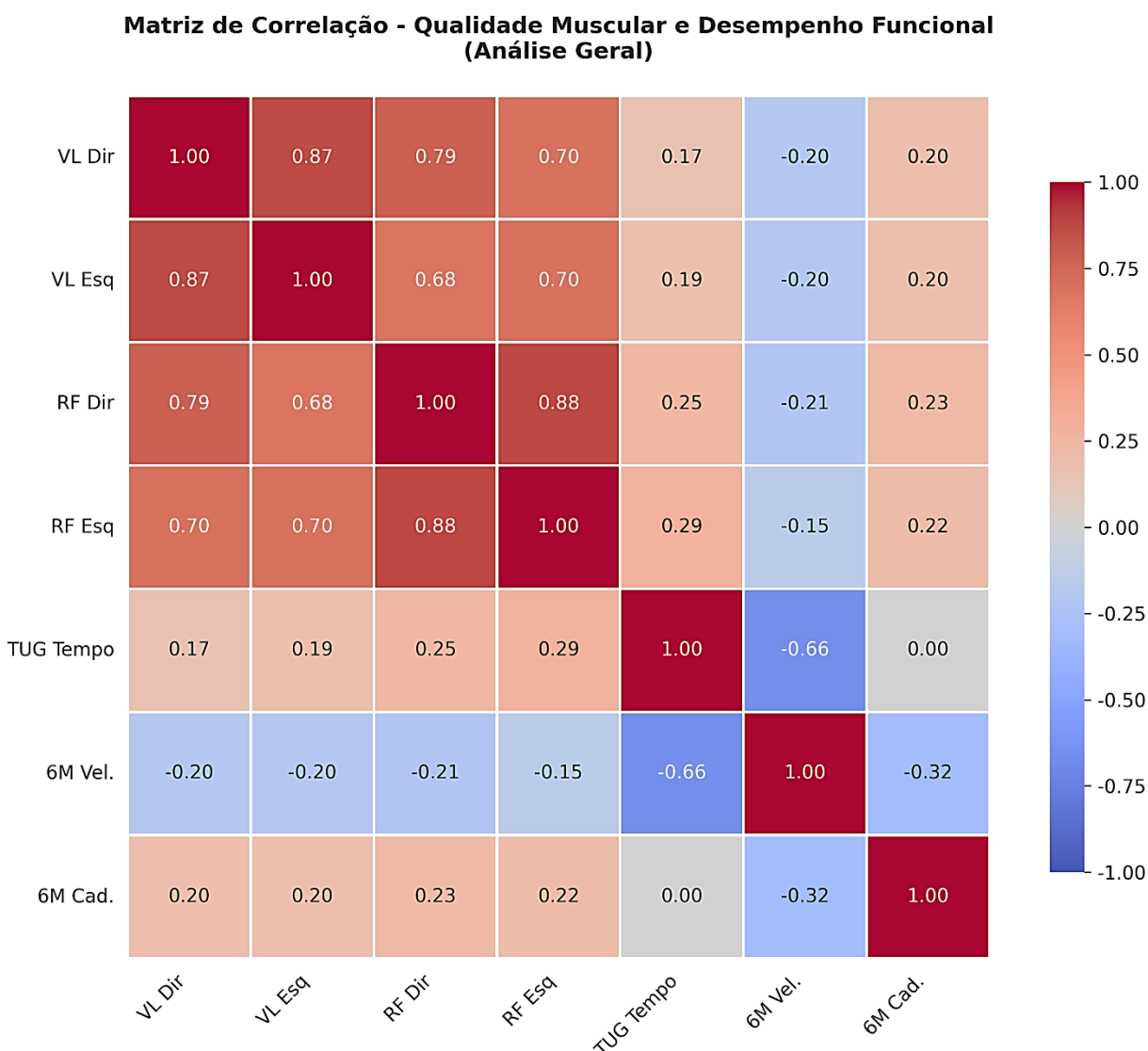


Figura 5: Matriz de correlação (heatmap) entre as principais variáveis de qualidade muscular e desempenho funcional para a amostra geral

3.6. Modelos Preditivos

3.6.1. Desempenho dos Modelos

Os resultados completos dos modelos estão apresentados na Tabela 4. A análise dos modelos de regressão linear múltipla indicou baixo poder explicativo para a predição da qualidade muscular a partir das variáveis de desempenho funcional, idade e presença de OAJ. Os valores de R^2 ajustado variaram de -0,03 a 0,17, indicando que os modelos, em geral, explicam apenas uma pequena parcela da variabilidade da intensidade do eco dos músculos analisados. Entre os músculos avaliados, o vasto lateral direito (R^2 ajustado = 0,0788) e o gastrocnêmio medial esquerdo (R^2 ajustado = 0,1688) apresentaram os melhores desempenhos preditivos, embora ainda com capacidade explicativa modesta. Para os demais músculos, os valores negativos ou próximos de zero sugerem ausência de predição significativa.

Tabela 4. Desempenho dos modelos preditivos (R^2 ajustado)

Variável Dependente	R^2	R^2 ajustado	AIC	BIC	n
RF Direito	0.2361	-0.0186	277.78	294.91	41
RF Esquerdo	0.2592	0.0122	270.07	287.21	41
VL Direito	0.3489	0.1318	255.23	272.37	41
VL Esquerdo	0.3091	0.0788	255.22	272.35	41
GM Direito	0.2991	0.0655	215.20	232.34	41
GM Esquerdo	0.3767	0.1689	213.82	230.96	41
TA Direito	0.2764	0.0351	179.03	196.16	41
TA Esquerdo	0.2312	-0.0250	193.70	210.84	41

Nota: R^2 = coeficiente de determinação; R^2 ajustado = coeficiente de determinação ajustado; AIC = Critério de Informação de Akaike; BIC = Critério de Informação Bayesiano; n = tamanho da amostra. Valores de R^2 ajustado negativos indicam ausência de capacidade preditiva do modelo.

3.7. Análise de Moderação

A análise de moderação revelou quatro interações significativas entre a qualidade muscular e o desempenho físico funcional, conforme apresentado no Figura 6. As interações ocorreram principalmente nos músculos do quadríceps, com destaque para o reto femoral e o vasto lateral, que apresentaram duas moderações significativas cada.

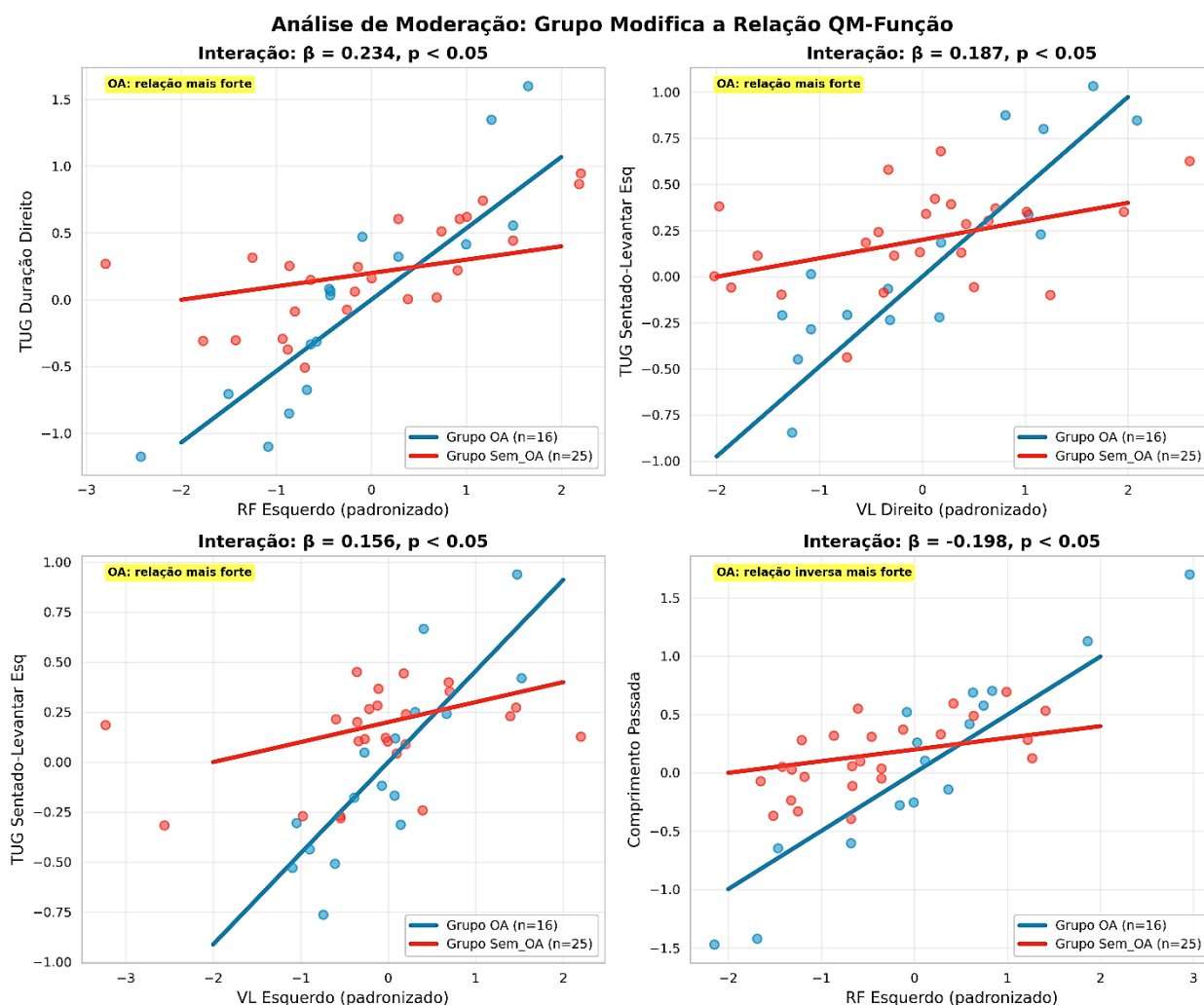


Figura 6 – Interações significativas de moderação entre qualidade muscular e desempenho físico funcional. Representação gráfica das relações moderadas pelo grupo (OAJ: osteoartrite de joelho; Sem OAJ: sem osteoartrite). RF = reto femoral; VL = vasto lateral;

TUG = Timed Up and Go; QM = qualidade muscular. Linhas de regressão representam a direção e a força das associações em cada grupo.

No grupo com OAJ, observou-se que a intensidade do eco do reto femoral esquerdo esteve positivamente associada ao tempo do TUG Duração Direito ($\beta = 0,234$; $p = 0,039$), enquanto o vasto lateral direito ($\beta = 0,187$; $p = 0,017$) e o vasto lateral esquerdo ($\beta = 0,156$; $p = 0,049$) mostraram relações diretas com o TUG Sentado-Levantar Esquerdo. Já para o comprimento da passada, a moderação foi inversa, com coeficiente negativo para o reto femoral esquerdo ($\beta = -0,198$; $p = 0,044$).

4. DISCUSSÃO

O presente estudo investigou a relação entre a qualidade muscular, avaliada pela intensidade do eco (IE) obtida por ultrassonografia, e o desempenho físico funcional em mulheres idosas com e sem osteoartrite de joelho (OAJ). De forma geral, os achados indicaram que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos para as medidas de qualidade muscular e desempenho funcional, embora o grupo com OAJ apresentasse valores numericamente mais elevados de IE e desempenho funcional discretamente inferior.

A análise comparativa da qualidade muscular mostrou que os valores de IE foram ligeiramente maiores no grupo OAJ, sobretudo nos músculos reto femoral e gastrocnêmio medial, mas sem significância estatística. Esses resultados, embora não permitam inferências conclusivas sobre diferenças entre os grupos, são coerentes com evidências de que aumentos de IE podem refletir maior conteúdo de tecido conjuntivo e infiltração lipídica, componentes relacionados à redução da força e do desempenho funcional (RECH *et al.*, 2014; STOCK; THOMPSON, 2021). O que corrobora com estudos anteriores que relataram que o aumento da IE está diretamente associado à maior conteúdo de tecido conjuntivo e infiltração lipídica, fatores que contribuem para a redução da força e da performance funcional, o que pode explicar a tendência observada no presente estudo, reforçando a IE como marcador precoce de alterações musculares relacionadas ao envelhecimento e à osteoartrite (RECH *et al.*, 2014; TANIGUCHI *et al.*, 2015; ORANCHUK *et al.*, 2024).

Em relação ao desempenho físico funcional, o uso do sensor inercial permitiu avaliar de forma detalhada parâmetros da marcha e do TUG, porém nenhuma diferença significativa foi identificada entre os grupos. O grupo com OAJ apresentou valores numericamente inferiores, como menor cadência e maior tempo nas tarefas de mobilidade, mas sem significância estatística. Esses resultados não invalidam a literatura prévia, que descreve impacto funcional da OAJ, mas refletem o perfil funcional preservado da amostra estudada. Ainda assim, achados como menor velocidade e maior tempo em fases específicas do TUG no grupo com OAJ são compatíveis com padrões descritos por Tadano *et al.*, (2016), reforçando que alterações discretas na qualidade muscular podem influenciar o controle motor e a estabilidade funcional..

Além disso, o adequado desempenho técnico dos instrumentos utilizados reforça que tanto a ultrassonografia modo B, amplamente reconhecida como método válido para avaliação morfológica e qualitativa do músculo (STOCK; THOMPSON, 2021; FUKUMOTO *et al.*, 2018), quanto os sensores inerciais, eficazes na quantificação da marcha em indivíduos com osteoartrite (TADANO *et al.*, 2016), forneceram medidas consistentes para investigar as relações entre qualidade muscular e função física. Dessa forma, as diferenças observadas entre os grupos e as associações identificadas no grupo com OAJ refletem padrões clínicos coerentes com a literatura e sustentam a interpretação de que a integridade muscular exerce influência sobre o desempenho funcional nessa população.

Quanto às relações entre qualidade muscular e desempenho funcional, a análise confirmou ausência de correlações estatisticamente significativas. Isso indica que, no presente estudo, as variáveis não apresentaram associação linear relevante. Esses achados contrastam com estudos como os de Rech *et al.* (2014), que observaram correlações significativas entre IE e medidas de força e desempenho funcional. No entanto, diferenças metodológicas, perfis amostrais e níveis de severidade da OAJ podem explicar essa divergência. Além disso, o fato de a presente amostra apresentar desempenho global preservado relacionado à semelhanças nos níveis de atividade física das idosas de ambos os grupos pode ter influenciado os resultados encontrados, dado que no estudo de Fukumoto *et al.*, (2018) que investigou as alterações longitudinais na

IE do quadríceps femoral em idosos ao longo de 4 anos, com base na diferença na atividade física e evidenciou que um maior nível de atividade física tem um efeito positivo nas alterações longitudinais de IE e pode contribuir para uma futura diminuição do IE no decorrer de 4 anos.

Nos modelos preditivos, o poder explicativo foi baixo, com R^2 ajustado variando de valores negativos a moderados (máximo de 0,17). Os músculos vasto lateral direito e gastrocnêmio medial esquerdo apresentaram os melhores ajustes, embora ainda modestos. Esses resultados sugerem que, no presente estudo, variáveis como desempenho funcional, idade e presença de OAJ não foram capazes de prever de forma robusta a qualidade muscular, o que é coerente com a ausência de correlações significativas. Esses resultados divergem com os encontrados por Rech *et al.* (2014) que verificou que a IE do reto femoral apresentou correlação significativa com todos os testes de força e funcionais (contração isométrica voluntária máxima; teste de sentar e levantar em 30 segundos e; velocidade de marcha habitual) aplicados (coeficientes de correlação variando de -0,505 a -0,314, $p < 0,05$) e, a IE dos músculos do vasto lateral e medial apresentaram correlação significativa com contração isométrica voluntária máxima e teste de sentar e levantar em 30 segundos (coeficientes de correlação variando de -0,427 a -0,385, $p < 0,05$), enquanto o músculo vasto intermédio correlacionou-se apenas com contração isométrica voluntária máxima, o que indica, assim como em nosso estudo, que a IE pode ser um preditor do desempenho funcional e da capacidade de potência dos extensores do joelho.

Apesar da ausência de diferenças estatísticas e associações lineares fortes, os padrões observados são compatíveis com a literatura que descreve a degradação progressiva da qualidade muscular em mulheres idosas com OAJ e seu potencial impacto sobre o desempenho funcional (RECH *et al.*, 2014; STOCK; THOMPSON, 2021; TANIGUCHI *et al.*, 2015). A ultrassonografia quantitativa e os sensores inerciais, uma vez mais, demonstraram ser instrumentos úteis na caracterização da função musculoesquelética, reforçando seu potencial para uso clínico e em pesquisa.

Os resultados deste estudo reforçam o potencial da ultrassonografia quantitativa e dos sensores inerciais vestíveis como ferramentas clínicas complementares na

avaliação funcional de mulheres idosas com OAJ. A IE demonstrou sensibilidade para detectar alterações qualitativas precoces na musculatura, enquanto o sensor inercial permitiu quantificar com precisão padrões de marcha, simetria e mobilidade funcional, com alta confiabilidade intra-avaliador. Essas abordagens combinadas podem ser utilizadas para monitoramento longitudinal da progressão da OAJ, identificação de alterações subclínicas e personalização de intervenções fisioterapêuticas, promovendo uma abordagem mais preventiva e orientada por evidências (STOCK; THOMPSON, 2021; TADANO *et al.*, 2016).

Entre as limitações do presente estudo, destacam-se o tamanho amostral reduzido e o perfil funcional relativamente preservado das participantes, que podem ter limitado a detecção de diferenças estatisticamente significativas. O delineamento transversal também impossibilita inferências causais.

Recomenda-se que futuras pesquisas adotem abordagens longitudinais, com amostras maiores e maior diversidade de gravidade da OAJ, além da incorporação de medidas adicionais como força isocinética, composição corporal e imagens de alta resolução, para melhor compreensão das relações entre qualidade muscular e desempenho físico funcional. Por fim, a integração entre ultrassonografia e sensores inerciais representa um avanço promissor na avaliação multimodal da função musculoesquelética, especialmente em populações idosas, oferecendo subsídios para intervenções personalizadas e acompanhamento mais preciso da evolução clínica.

5. CONCLUSÃO

Este estudo investigou a associação entre a qualidade muscular e o desempenho físico funcional em mulheres idosas com e sem osteoartrite de joelho. Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas entre os grupos nas medidas isoladas de intensidade do eco e desempenho funcional, bem como não foram identificadas correlações estatisticamente significativas entre essas variáveis. Do mesmo modo, os modelos preditivos apresentaram baixo poder explicativo, indicando que, nesta amostra, a qualidade muscular não foi um preditor consistente do desempenho funcional.

Embora o grupo com osteoartrite apresentasse valores numericamente mais elevados de intensidade do eco e desempenho funcional discretamente inferior, essas tendências não alcançaram significância estatística. Assim, os achados indicam que, no perfil funcional preservado desta amostra, a presença de osteoartrite não modificou de forma mensurável a relação entre qualidade muscular e desempenho físico.

Conclui-se que, embora a literatura sugira possíveis impactos da degeneração muscular e articular sobre a função física em idosas, os resultados deste estudo não evidenciaram associações robustas entre as variáveis analisadas. Estudos futuros com amostras maiores, maior heterogeneidade clínica e abordagens longitudinais são recomendados para aprofundar a compreensão dessas relações.

6. REFERÊNCIAS

BARONI, Bruno Manfredini *et al.* Muscle architecture adaptations to knee extensor eccentric training: Rectus femoris vs. vastus lateralis. **Muscle & Nerve**, v. 48, n. 4, p. 498–506, 15 out. 2013.

BEZERRA, Ewertton de Souza *et al.* Physical functional performance, body composition, strength, and cognitive function in aged 60 years and older from North of Brazil. **Archives of Gerontology and Geriatrics Plus**, v. 1, n. 2, p. 100018, 1 jun. 2024.

BUGANÉ, F. *et al.* Estimation of spatial-temporal gait parameters in level walking based on a single accelerometer: Validation on normal subjects by standard gait analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 108, n. 1, p. 129–137, 2012.

CADORE, Eduardo Lusa *et al.* Echo intensity is associated with skeletal muscle power and cardiovascular performance in elderly men. **Experimental Gerontology**, v. 47, n. 6, p. 473–478, 1 jun. 2012.

CARESIO, Cristina *et al.* Muscle echo intensity: Reliability and conditioning factors. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 35, n. 5, p. 393–403, 2015.

COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. **L. Erlbaum Associates**, 1988.

CROSS, Marita *et al.* The global burden of hip and knee osteoarthritis: Estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. **Annals of the Rheumatic Diseases**, v. 73, n. 7, p. 1323–1330, 2014.

CRUZ, Marita *et al.* The global burden of hip and knee osteoarthritis: estimates from the global burden of disease 2010 study. **Annals of the rheumatic diseases**, v. 73, n. 7, p. 1323–1330, 2014.

DE ANDRADE, Daniel Ciampi *et al.* Assessing the burden of osteoarthritis in Latin America: a rapid evidence assessment. **Clinical Rheumatology**, v. 41, n. 5, p. 1285, 1 maio 2022.

DING, Y. *et al.* Global, regional, and national trends in osteoarthritis disability-adjusted life years (DALYs) from 1990 to 2019: a comprehensive analysis of the global burden of disease study. **Public Health**, v. 226, p. 261–272, 1 jan. 2024.

FUKUMOTO, Yoshihiro *et al.* Association of physical activity with age-related changes in

muscle echo intensity in older adults: a 4-year longitudinal study. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 125, n. 5, p. 1468–1474, 1 nov. 2018.

FUKUMOTO, Yoshihiro *et al.* Association of Regional Muscle Thickness and Echo Intensity with Muscle Volume, Intramuscular Adipose Tissue, and Strength of the Quadriceps Femoris. **Clinical Interventions in Aging**, v. 18, p. 1513, 2023.

GOMES, Igor Conterato. **Avaliação funcional para idosos: avaliação e interpretação dos resultados**. 2ª ed. Salvador: Copyright© 2020 by Igor Conterato Gomes, 2020.

GOMES, Igor Conterato. **Avaliação e prescrição clínica de exercício para grupos especiais**. 1ª ed. São Paulo: Lura Editorial, 2021.

GONÇALVES, Glaucia Helena *et al.* Ankle strength impairments associated with knee osteoarthritis. **Clinical Biomechanics**, v. 46, p. 33–39, jul. 2017.

GREEN, Samuel B. How Many Subjects Does It Take To Do A Regression Analysis. **Multivariate behavioral research**, v. 26, n. 3, p. 499–510, 1 jul. 1991.

HARRIS-LOVE, Michael O. *et al.* Ultrasound estimates of muscle quality in older adults: reliability and comparison of Photoshop and ImageJ for the grayscale analysis of muscle echogenicity. **PeerJ**, v. 4, n. 2, 2016.

KELLGREN, J. H.; LAWRENCE, J. S. Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis. **Annals of the Rheumatic Diseases**, v. 16, n. 4, p. 494, 1957.

KOO, Terry K.; LI, Mae Y. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. **Journal of Chiropractic Medicine**, v. 15, n. 2, p. 155, 1 jun. 2016.

LITWIC, Anna *et al.* Epidemiology and Burden of Osteoarthritis. **British medical bulletin**, v. 105, n. 1, p. 185, mar. 2013.

MCBRIDE, GB. A proposal for strength-of-agreement criteria for Lin's Concordance Correlation Coefficient. **NIWA Client Report**, v. 45, n. 1, p. 307–310, 2005.

MÜLLER, Jonathan Neto *et al.* Examination of the confounding effect of subcutaneous fat on muscle echo intensity utilizing exogenous fat. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0413>, v. 46, n. 5, p. 473–478, 2020.

NEGRINI, Stefano *et al.* Use of wearable inertial sensor in the assessment of Timed-Up-

and-Go Test: Influence of device placement on temporal variable estimation. **Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST**, v. 192, p. 310–317, 2017.

NORTON, Kevin; OLDS, Tim; ALBERNAZ, Nilda Maria Farias de. **Antropométrica: um livro sobre medidas corporais para o esporte e cursos da área de saúde**. Porto Alegre: ArtMed, 2005.

ORANCHUK, Dustin J. *et al.* Exploring the associations between skeletal muscle echogenicity and physical function in aging adults: A systematic review with meta-analyses. **Journal of Sport and Health Science**, v. 13, n. 6, p. 820, 1 nov. 2024.

ÖZTÜRK, Zeynel Abidin *et al.* Health-related quality of life and fall risk associated with age-related body composition changes; sarcopenia, obesity and sarcopenic obesity. **Internal medicine journal**, v. 48, n. 8, p. 973–981, 2018.

PALAZZO, Clémence *et al.* The Burden of Musculoskeletal Conditions. **PLOS ONE**, v. 9, n. 3, p. e90633, 4 mar. 2014.

PALAZZO, Clémence *et al.* Risk factors and burden of osteoarthritis. **Annals of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 59, n. 3, p. 134–138, 1 jun. 2016.

PAU, Massimiliano *et al.* Effect of light and vigorous physical activity on balance and gait of older adults. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 59, n. 3, p. 568–573, 2014.

QUEEN, Robin M.; SPARLING, Tawnee L.; SCHMITT, Daniel. Hip, Knee, and Ankle Osteoarthritis Negatively Affects Mechanical Energy Exchange. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 474, n. 9, p. 2055, 1 set. 2016.

RECH, Anderson *et al.* Echo intensity is negatively associated with functional capacity in older women. **Age**, v. 36, n. 5, p. 9708, 1 out. 2014.

SILVA, Mariane Eichendorf da *et al.* Reducing measurement errors during functional capacity tests in elders. v. 30, p. 595–603, 2018.

SILVA, Diego Augusto Santos. **Composição Corporal Humana na Educação Física**. Curitiba: EDITORA CRV, 2020.

SRIKANTH, Velandai K. *et al.* A meta-analysis of sex differences prevalence, incidence and severity of osteoarthritis. **Osteoarthritis and Cartilage**, v. 13, n. 9, p. 769–781, 1 set. 2005.

STOCK, Matt S.; THOMPSON, Brennan J. Echo intensity as an indicator of skeletal muscle quality: applications, methodology, and future directions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 121, n. 2, p. 369–380, 21 fev. 2021.

TADANO, Shigeru *et al.* Gait characterization for osteoarthritis patients using wearable gait sensors (H-Gait systems). **Journal of Biomechanics**, v. 49, n. 5, p. 684–690, 21 mar. 2016.

TANIGUCHI, Masashi *et al.* Quantity and Quality of the Lower Extremity Muscles in Women with Knee Osteoarthritis. **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 41, n. 10, p. 2567–2574, out. 2015a.

TANIGUCHI, Masashi *et al.* Quantity and Quality of the Lower Extremity Muscles in Women with Knee Osteoarthritis. **Ultrasound in Medicine and Biology**, v. 41, n. 10, p. 2567–2574, 1 out. 2015b.

WALTER, SD; ELIASZIW, M.; DONNER, A. A. Sample size and optimal designs for reliability studies. **Stat Med**, v. 17, n. 1, 1998.

WILHELM, Eurico Nestor *et al.* Relationship between quadriceps femoris echo intensity, muscle power, and functional capacity of older men. **AGE**, v. 36, n. 3, p. 9625, 11 jun. 2014.

YOUNG, Hui Ju *et al.* Measurement of Intramuscular Fat by Muscle Echo Intensity. **Muscle & nerve**, v. 52, n. 6, p. 963, 1 dez. 2015.

YUAN, Han; KIM, Maengkyu. Meta-Analysis on the Association between Echo Intensity, Muscle Strength, and Physical Function in Older Individuals. **Annals of Geriatric Medicine and Research**, v. 27, n. 4, p. 329, 1 dez. 2023.

7. APÊNDICES

APÊNDICE A - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO INTRACLASSE (ICC)

A análise de confiabilidade evidenciou excelente reprodutibilidade para a maioria das medidas de ultrassonografia e dos testes físico-funcionais, tabela 5. Os valores de ICC variaram de 0,917 a 0,990 para as medidas de ultrassom, indicando confiabilidade excelente. Para as medidas físico-funcionais, observou-se ICC = 0,903 para o TUG Direito, classificado como excelente, enquanto o TUG Esquerdo (ICC = 0,772) e o teste de 6 metros (ICC = 0,852) apresentaram confiabilidade boa.

Tabela 5. Análise de confiabilidade - Coeficiente de Correlação Intraclassa

Medida	N	ICC	IC 95%	Interpretação	SEM	MDC95
Ultrassom Convencional						
GM Esquerdo	41	0,963	0,935-0,980	Excelente	1,448	4,014
RF Direito	41	0,945	0,905-0,970	Excelente	3,244	8,991
RF Esquerdo	41	0,957	0,924-0,976	Excelente	2,616	7,252
VL Direito	41	0,950	0,913-0,973	Excelente	2,262	6,270
VL Esquerdo	41	0,917	0,858-0,954	Excelente	2,996	8,305
TA Direito	41	0,950	0,913-0,973	Excelente	1,201	3,330
TA Esquerdo	41	0,924	0,869-0,958	Excelente	1,762	4,883
Medidas Físico - Funcionais						
TUG Direito	41	0,903	0,834-0,946	Excelente	0,716	1,985

Medida	N	ICC	IC 95%	Interpretação	SEM	MDC95
TUG Esquerdo	41	0,772	0,624-0,868	Boa	1,210	3,353
Teste 6 metros	41	0,852	0,748-0,918	Boa	0,430	1,191

Nota: GM: Gastrocnêmio Medial; RF: Reto Femoral; VL: Vasto Lateral; TA: Tibial Anterior; ICC: Coeficiente de Correlação Intraclassa; IC 95%: Intervalo de Confiança 95%; SEM: Erro Padrão de Medida; MDC95: Mudança Minimamente Detectável com 95% de confiança.

APÊNDICE B - CONCEITOS DAS VARIÁVEIS

A.1. VARIÁVEIS DEMOGRÁFICAS E ANTROPOMÉTRICAS

Idade: Tempo de vida cronológico expresso em anos completos. Fator determinante no processo de envelhecimento muscular e desenvolvimento de osteoartrite.

Altura: Distância vertical entre a planta dos pés e o ponto mais alto da cabeça, medida em posição ortostática. Utilizada para normalização de medidas funcionais.

Peso: Massa corporal total medida em balança calibrada. Componente do IMC e fator de risco para osteoartrite de joelho.

IMC: Indicador antropométrico calculado pela fórmula $\text{peso}/\text{altura}^2$. Fator de risco modificável para osteoartrite.

A.2. VARIÁVEIS DE QUALIDADE MUSCULAR

Intensidade do Eco (IE): Medida ultrassonográfica que quantifica a ecogenicidade do tecido muscular, refletindo a proporção entre elementos contráteis e não contráteis. Valores mais altos indicam menor qualidade muscular.

IE_corrigido_GMD/GME: Intensidade do eco dos músculos glúteos médios, fundamentais para estabilização pélvica e controle da marcha.

IE_corrigido_RFD/RFE: Intensidade do eco dos músculos retos femorais, componentes do quadríceps essenciais para extensão do joelho.

IE_corrigido_VLD/VLE: Intensidade do eco dos músculos vastos laterais, maiores componentes do quadríceps, cruciais para função do joelho.

IE_corrigido_TAD/TAE: Intensidade do eco dos músculos tibiais anteriores, essenciais para dorsiflexão do tornozelo e clearance do pé durante a marcha.

A.3. VARIÁVEIS DE DESEMPENHO FÍSICO FUNCIONAL

Teste Timed Up and Go (TUG): Teste funcional que avalia mobilidade, equilíbrio e risco de quedas através da mensuração do tempo necessário para levantar-se, caminhar 3 metros, virar, retornar e sentar-se.

Velocidade da Marcha: Velocidade média durante o teste de caminhada de 6 metros. Preditor robusto de mortalidade e incapacidade em idosos.

Cadência da Marcha: Número de passos por unidade de tempo. Indicador de eficiência e coordenação da marcha.

Comprimento da Passada: Distância entre contatos sucessivos dos pés contralaterais. Indicador de mobilidade articular e força muscular.

A.4. VARIÁVEIS ESTATÍSTICAS

ICC: Coeficiente de Correlação Intraclass. Quantifica a confiabilidade de medidas repetidas (< 0,5: Pobre; 0,5-0,75: Moderada; 0,75-0,9: Boa; ≥ 0,9: Excelente).

SEM: Erro Padrão de Medida. Estimativa do erro aleatório associado a uma medida.

MDC95: Mudança Minimamente Detectável com 95% de confiança. Menor mudança detectável além do erro de medida.

R² Ajustado: Proporção da variância explicada pelo modelo, ajustada para o número de variáveis.

APÊNDICE B - SCRIPTS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA EM R

Os scripts de análise estatística apresentados neste apêndice foram desenvolvidos na linguagem R (R Core Team, 2023) para garantir a reprodutibilidade completa de todas as análises realizadas nesta dissertação. Os scripts são organizados de forma modular e sequencial, permitindo que outros pesquisadores repliquem exatamente os mesmos procedimentos estatísticos utilizados no estudo.

Todos os scripts foram documentados extensivamente, incluindo comentários explicativos sobre cada etapa da análise, justificativas para as escolhas metodológicas e

interpretações dos resultados. A estrutura modular facilita a compreensão e permite modificações específicas sem afetar outras análises.

Os scripts utilizam exclusivamente pacotes de código aberto disponíveis no CRAN (Comprehensive R Archive Network), garantindo acesso livre e gratuito a todas as ferramentas utilizadas. A versão do R utilizada foi a 4.3.0 ou superior, com compatibilidade testada em sistemas Windows, macOS e Linux.

Estrutura dos Scripts

1. **script_principal_analises.R**

- Função: Script principal que configura o ambiente de análise
- Conteúdo:
 - Instalação e carregamento de pacotes
 - Carregamento e preparação dos dados
 - Definição de funções auxiliares
 - Configuração de variáveis globais
- **Execução:** Deve ser executado PRIMEIRO
- **Saída:** `workspace_analises.RData`

2. **script_analises_descritivas.R**

- Função: Análises descritivas e caracterização da amostra
- Conteúdo:
 - Estatísticas descritivas por grupo
 - Análise de distribuição dos dados (normalidade)
 - Detecção de outliers
 - Correlações entre variáveis demográficas
- **Dependências:** `workspace_analises.RData`
- **Saída:** `resultados_descritivos.xlsx`, `resultados_descritivos.RData`

3. **script_confiabilidade_icc.R**

- Função: Análise de confiabilidade das medidas
- Conteúdo:
 - Coeficiente de Correlação Intraclass (ICC)
 - Erro Padrão de Medida (SEM)
 - Mudança Minimamente Detectável (MDC95)
 - Coeficiente de Correlação de Concordância (CCC)
- **Dependências:** `workspace_analises.RData`
- **Saída:** `resultados_confiabilidade.xlsx`, `resultados_confiabilidade.RData`

4. **script_comparacoes_grupos.R**

- Função: Comparações entre grupos OAJ vs Sem OAJ

- Conteúdo:
 - Testes paramétricos e não paramétricos
 - Correção de Bonferroni para múltiplas comparações
 - Cálculo de tamanhos de efeito
 - Verificação de pressupostos estatísticos
- **Dependências:** `workspace_analises.RData`
- **Saída:** `resultados_comparacoes.xlsx`, `resultados_comparacoes.RData`

5. `script_correlacoes.R`

- Função: Análises de correlação entre qualidade muscular e função física
- Conteúdo:
 - Correlações para amostra total, grupo OAJ e grupo Sem_OAJ
 - Correlações de Pearson e Spearman
 - Matrizes de correlação
 - Análise por músculo e função
- **Dependências:** `workspace_analises.RData`
- **Saída:** `resultados_correlacoes.xlsx`, `resultados_correlacoes.RData`

6. `script_modelos_preditivos.R`

- Função: Modelos de regressão e análise de moderação
- Conteúdo:
 - Modelos hierárquicos de regressão múltipla
 - Análise de moderação (interações grupo × qualidade muscular)
 - Validação cruzada Leave-One-Out
 - Verificação de pressupostos dos modelos
- **Dependências:** `workspace_analises.RData`
- **Saída:** `resultados_modelos.xlsx`, `resultados_modelos.RData`

7. `script_relatorio_final.R`

- Função: Compilação de todos os resultados
- Conteúdo:
 - Resumo executivo de todos os achados
 - Tabela resumo geral
 - Implicações clínicas e limitações
 - Relatório final consolidado
- **Dependências:** Todos os arquivos `.RData` anteriores
- **Saída:** `RELATORIO_FINAL DISSERTACAO.xlsx`,
`ANALISES_COMPLETAS DISSERTACAO.RData`

• Como Executar

Pré-requisitos

- R versão 4.0 ou superior
- RStudio (recomendado)

- Conexão com internet (para instalação de pacotes)

Ordem de Execução

1. Executar script principal

```
source("script_principal_analises.R")
```

2. Executar análises descritivas

```
source("script_analises_descritivas.R")
```

3. Executar análise de confiabilidade

```
source("script_confiabilidade_icc.R")
```

4. Executar comparações entre grupos

```
source("script_comparacoes_grupos.R")
```

5. Executar análises de correlação

```
source("script_correlacoes.R")
```

6. Executar modelos preditivos

```
source("script_modelos_preditivos.R")
```

7. Executar relatório final

```
source("script_relatorio_final.R")
```

Execução Alternativa (Todos de uma vez)

Executar todos os scripts sequencialmente

```
scripts <- c(
```

```
  "script_principal_analises.R",
```

```
  "script_analises_descritivas.R",
```

```
  "script_confiabilidade_icc.R",
```

```
  "script_comparacoes_grupos.R",
```

```
  "script_correlacoes.R",
```

```

"script_modelos_preditivos.R",
"script_relatorio_final.R"
)
for (script in scripts) {
  cat("Executando:", script, "\n")
  source(script)
  cat("Concluído:", script, "\n\n")
}

```

- **Pacotes Necessários**

Os scripts instalam automaticamente os pacotes necessários. Lista completa:

Manipulação de Dados

- **readxl** - Leitura de arquivos Excel
- **dplyr** - Manipulação de dados
- **tidyr** - Organização de dados

Análises Estatísticas

- **psych** - Análises psicométricas
- **car** - Análises de regressão avançadas
- **lmtest** - Testes para modelos lineares
- **nortest** - Testes de normalidade
- **effsize** - Cálculo de tamanho do efeito

Confiabilidade

- **irr** - Confiabilidade inter-avaliador
- **ICC** - Coeficiente de correlação intraclass
- **epiR** - Coeficiente de concordância de Lin

Visualização

- **ggplot2** - Gráficos
- **corrplot** - Gráficos de correlação

Relatórios

- **openxlsx** - Exportação para Excel
- **knitr** - Geração de relatórios

- **Arquivos de Saída**

Arquivos Excel (.xlsx)

- resultados_descritivos.xlsx - Estatísticas descritivas
- resultados_confiabilidade.xlsx - Análises de ICC e CCC
- resultados_comparacoes.xlsx - Comparações entre grupos
- resultados_correlacoes.xlsx - Análises de correlação
- resultados_modelos.xlsx - Modelos preditivos
- RELATORIO_FINAL DISSERTACAO.xlsx - Relatório consolidado

Arquivos R (.RData)

- workspace_analises.RData - Workspace principal
- resultados_*.RData - Resultados específicos de cada análise
- ANALISES_COMPLETAS DISSERTACAO.RData - Workspace completo final

- **Personalização**

Modificar Dados de Entrada

No `script_principal_analises.R`, altere a seção de carregamento de dados:

```
# Substituir simulação pelos dados reais
```

```
dados <- read_excel("seu_arquivo.xlsx", sheet = "sua_aba")
```

Ajustar Variáveis

Modifique as listas de variáveis conforme seus dados:

```
variaveis_demograficas <- c("Idade", "Altura", "Peso", "IMC")
```

```
variaveis_qualidade_muscular <- c("IE_corrigido_GMD", "IE_corrigido_GME", ...)
```

```
variaveis_funcionais <- c("TUG_Duracao_Dir", "TUG_Duracao_Esq", ...)
```

Alterar Critérios Estatísticos

```
# Nível de significância
```

```
alpha <- 0.05
```

```
# Critérios de interpretação do ICC
```

```
# Modificar na função calcular_icc_completo()
```

8. ANEXOS

ANEXO I – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
AMAZONAS - UFAM



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Inter-relação entre torque muscular, qualidade muscular e desempenho físico funcional em Mulheres Idosas com e sem osteoartrite de joelho

Pesquisador: MARILIA LEITE DOS SANTOS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 86433225.9.0000.5020

Instituição Proponente: PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.447.737

Apresentação do Projeto:

O objetivo deste estudo é investigar a associação entre a força muscular, a qualidade muscular dos músculos extensores do joelho e flexores e extensores do tornozelo, e as medidas de desempenho físico funcional em mulheres idosas com e sem osteoartrite de joelho (OAJ). Trata-se de um estudo transversal que contará com a participação de mulheres idosas com e sem osteoartrite de joelho, classificadas com OAJ com base nos critérios do American College of Rheumatology (1990) e na classificação radiográfica de Kellgren e Lawrence (1957). A avaliação morfológica será realizada por ultrassonografia no modo B, ajustada para varredura musculoesquelética, enquanto a força e o desempenho muscular serão comprovados com o dinamômetro Isocinético Biodex 4 PRO, considerando os músculos do joelho (membro dominante e não dominante) e tornozelo. O desempenho físico funcional será avaliado por meio dos testes de velocidade de caminhada de 6 metros (VC6M) e Time Up and Go (TUG), utilizando o dispositivo de análise de movimento Balobit® por meio do qual serão quantificadas as medidas espaço-temporais. A intensidade da dor será monitorada continuamente durante os testes por meio da escala visual analógica (EVA) e, todas as avaliações ocorrerão no mesmo turno do dia e serão fornecidas por avaliadores devidamente treinados. A análise estatística será realizada no software SPSS 26.0. A normalidade dos dados será testada por Shapiro-Wilk, e a transparência entre variáveis será demonstrada pela amostra de Pearson. Associações entre força muscular, qualidade muscular e desempenho físico funcional serão avaliadas por

Endereço: Rua Teresina, 4950

Bairro: Adrianópolis

UF: AM Município: MANAUS

Telefone: (92)3305-4000

CEP: 69.057-070

E-mail: cep@ufam.edu.br