



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

ALEXANDRE MIGUEL DOMINGOS CAVALCANTI

**EFEITOS DO TAMANHO MUSCULAR BASAL E DO
VOLUME DE TREINAMENTO NA ESPESSURA MUSCULAR,
FORÇA, MASSA ISENTA DE GORDURA E OSSO E
APTIDÃO FUNCIONAL EM MULHERES IDOSAS
DESTREINADAS**

ALEXANDRE MIGUEL DOMINGOS CAVALCANTI

**EFEITOS DO TAMANHO MUSCULAR BASAL E DO VOLUME DE
TREINAMENTO NA ESPESSURA MUSCULAR, FORÇA, MASSA
ISENTA DE GORDURA E OSSO E APTIDÃO FUNCIONAL EM
MULHERES IDOSAS DESTREINADAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciências da
Saúde da Universidade Estadual de Londrina -
UEL, como requisito para a obtenção do título de
Mestre em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Edilson Serpeloni Cyrino
Co-orientador: Prof. Dr. Paolo M. Cunha

Londrina
2026

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Cavalcanti, Alexandre Miguel Domingos .

Efeitos do tamanho muscular basal e do volume de treinamento na espessura muscular, força, massa isenta de gordura e osso e aptidão funcional em mulheres idosas destreinadas. / Alexandre Miguel Domingos Cavalcanti. - Londrina, 2026.
73 f. : il.

Orientador: Edilson Serpeloni Cyrino.

Coorientador: Paolo Marcello da Cunha Fabro.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, 2026.

Inclui bibliografia.

1. Treinamento de força - Tese. 2. Envelhecimento - Tese. 3. Hipertrofia muscular - Tese. 4. Saúde da mulher - Tese. I. Serpeloni Cyrino, Edilson . II. da Cunha Fabro, Paolo Marcello . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. IV. Título.

CDU 796

EFEITOS DO TAMANHO MUSCULAR BASAL E DO VOLUME DE TREINAMENTO NA ESPESSURA MUSCULAR, FORÇA, MASSA ISENTA DE GORDURA E OSSO E APTIDÃO FUNCIONAL EM MULHERES IDOSAS DESTREINADAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edilson Serpeloni Cyrino
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Leticia Trindade Cyrino de Sousa
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Witalo Kassiano Ferreira de Oliveira
Universidade Norte do Paraná - UNOPAR

Londrina, 31 de julho de 2026.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a todos que contribuíram até este momento para a minha formação profissional e pessoal. A realização deste trabalho é fruto não apenas do esforço diário, mas do suporte de pessoas fundamentais que me acompanharam ao longo desta trajetória. Especialmente, gostaria de agradecer aos meus pais, **Marcelo e Valéria**, por me educarem, pelo amor incondicional, pelo incentivo incansável e por serem meu maior exemplo e porto seguro. Sem vocês, nada disso seria possível. Muito obrigado!

Ao meu irmão, **André**, pela parceria de uma vida toda juntos. Aos meus avôs, **Heleno e Manuel** (*in memoriam*), e avós, **Tereza e Emília**, por todo o carinho e sabedoria transmitidos, cujas raízes, ensinamentos e carinho sempre me guiaram e me deram forças. Estendo minha gratidão a todos da minha família pela torcida e carinho de sempre. Muito obrigado!

A minha namorada, **Laiza**, por estar ao meu lado em cada etapa desta jornada, sendo meu incentivo diário. Muito obrigado!

Aos meus amigos de **Maringá, Rio de Janeiro, Macaé e Londrina**, por compartilharem a vida comigo, pelas conversas e pelo apoio incansável, independentemente das distâncias. Muito obrigado pela parceria!

A todos os integrantes do **Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício**, a família **GEPEMENE**, pelo trabalho diário em equipe, pelo companheirismo e por dividirem cada etapa deste desafio de forma generosa e colaborativa. Agradeço imensamente pela ajuda, parceria e amizade. Muito obrigado!

À banca examinadora, professora **Dra. Leticia Trindade Cyrino de Sousa** e professor **Dr. Witalo Kassiano Ferreira de Oliveira**, por compartilharem seu tempo e conhecimento, contribuindo de maneira decisiva para o aprimoramento deste trabalho. Além disso, a Profa. **Dra. Rubia Casagrande**, coordenadora do programa de pós-graduação em Ciências da Saúde, por sua liderança, apoio e orientação ao longo da minha jornada acadêmica.

Ao meu co-orientador, **Dr. Paolo M. Cunha**, por sua contribuição, orientação e apoio.

Ao meu orientador, professor **Dr. Edilson Serpeloni Cyrino**, pela receptividade ao me acolher em Londrina desde 2024 e pela orientação diária. Sua dedicação e suporte constante

foram essenciais para o meu desenvolvimento acadêmico e profissional. Obrigado professor, por me proporcionar experiências ímpares e que vou levar comigo para sempre.

A todos que contribuíram para a realização deste sonho, a minha sincera gratidão.

MIGUEL, Alexandre. **Efeitos do tamanho muscular basal e do volume de treinamento na espessura muscular, força, massa isenta de gordura e osso e aptidão funcional em mulheres idosas destreinadas**. 2026. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Centro de Ciências da Saúde. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2026.

RESUMO

O envelhecimento está associado à redução progressiva da massa muscular, da força muscular e da capacidade funcional, comprometendo a independência funcional e a qualidade de vida de mulheres idosas. Embora o treinamento resistido (TR) seja reconhecido como uma das estratégias mais eficazes para atenuar essas alterações, evidências sugerem que a magnitude das adaptações induzidas pelo treinamento pode variar em função de características individuais e da dose de exercício empregada. Assim, o presente estudo analisou a influência do tamanho muscular basal e do volume de TR sobre adaptações morfológicas, neuromusculares e funcionais em mulheres idosas destreinadas. Cento e vinte mulheres idosas fisicamente independentes foram distribuídas em dois grupos de acordo com o volume de treinamento realizado durante 12 semanas: duas séries por exercício (G-2S; $n = 62$) e três séries por exercício (G-3S; $n = 58$). Ambos os grupos realizaram TR supervisionado três vezes por semana, diferindo apenas no número de séries executadas por exercício. Antes e após a intervenção foram avaliados o tamanho muscular por ultrassonografia, a massa isenta de gordura e osso (MIGO) por absorptometria radiológica de dupla energia (DXA), a força muscular por testes de uma repetição máxima (1RM) e a aptidão funcional por testes específicos. Os hábitos alimentares foram monitorados por meio de recordatórios alimentares de 24 horas. Os resultados indicaram que um maior volume de treinamento promoveu adaptações hipertróficas superiores em comparação ao menor volume (2S: +4,5% vs. 3S: +6,9%; $P < 0,001$). Para as variáveis MIGO, foi observado aumento significativo em ambos os grupos ($P < 0,01$), sem diferença significativa entre os grupos ($P > 0,24$). Para força muscular, os volumes de treino diferentes promoveram incrementos significantes e de magnitudes similares ($P > 0,08$). Para os testes de aptidão funcional, as magnitudes das adaptações diferiram entre os grupos para o teste de sentar e levantar 30s e TUG, indicando um efeito significativo ($P < 0,01$) de um volume maior de treinamento sobre o desempenho funcional. Analisando o efeito moderador do tamanho muscular basal nas adaptações, não foi observada interação significativa entre tamanho muscular basal e volume de treinamento para a maioria das variáveis, exceto para o teste de 1RM na cadeira extensora, no qual foi possível observar um efeito moderador significativo do tamanho muscular basal ($P = 0,034$), onde o ganho de força no exercício cadeira extensora é moderado pela quantidade de massa muscular pré-intervenção. Nossos resultados sugerem que o TR realizado com três séries por exercício parece otimizar a resposta adaptativa na espessura muscular agregada e desempenho funcional. Ademais, exceto para a força muscular máxima na cadeira extensora, o tamanho muscular basal parece não moderar a magnitude das adaptações.

Palavras-chave: treinamento de força, hipertrofia muscular, envelhecimento.

MIGUEL, Alexandre. **Effects of baseline muscle size and training volume on muscle thickness, strength, fat and bone-free lean mass, and functional fitness in untrained elderly women.** 2026. 73 p. Thesis (Master in Health Sciences) – Health Sciences Center. State University of Londrina, Londrina, 2026.

ABSTRACT

Aging is associated with a progressive decline in muscle mass, muscle strength, and functional capacity, compromising functional independence and quality of life in older women. Although resistance training (RT) is widely recognized as one of the most effective strategies for attenuating these age-related changes, evidence suggests that the magnitude of training-induced adaptations may vary according to individual characteristics and the exercise dose prescribed. In this context, the present study aimed to investigate the influence of baseline muscle size and resistance training volume on morphological, neuromuscular, and functional adaptations in untrained older women. A total of 120 physically independent older women (≥ 60 years) participated in the study and were allocated into two groups according to training volume performed over a 12-week intervention: two sets per exercise (G-2S; $n = 62$) and three sets per exercise (G-3S; $n = 58$). Both groups completed supervised RT sessions three times per week, differing only in the number of sets performed per exercise. Before and after the intervention, muscle size was assessed by ultrasonography, lean soft tissue mass by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), muscle strength by one-repetition maximum (1RM) testing, and functional fitness through a battery of functional performance tests. Dietary habits were monitored using 24-hour dietary recalls. The results revealed a higher training volume promoted superior hypertrophic adaptations compared to a lower volume (2S: +4.5% vs. 3S: +6.9%; $P < 0.001$). Regarding MIGO variables, there was a significant increase in both groups ($P < 0.01$), with no significant difference between groups ($P > 0.24$). Regarding muscle strength, the different training volumes promoted significant increases of similar magnitude ($P > 0.08$). For functional performance tests, the magnitude of adaptations differed between groups for the 30-second sit-to-stand test and the TUG test, revealing a significant effect ($P < 0.01$) of higher training volume on functional performance. When analyzing the moderating effect of baseline muscle size on adaptations, no significant interaction was observed between baseline muscle size and training volume for most variables, except for the leg extension 1RM test; in this case, a significant moderating effect of baseline muscle size was observed ($P = 0.034$), indicating that strength gains in the leg extension exercise are moderated by pre-intervention muscle mass. Our results suggest that RT performed with three sets per exercise appears to optimize the adaptive response regarding aggregate muscle thickness and functional performance. Furthermore, except for maximal muscle strength on knee extension, baseline muscle size does not appear to moderate the magnitude of the adaptations.

Key words: strength training, muscle hypertrophy, aging.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características gerais das participantes na linha de base (n = 120)	35
Tabela 2. Ingestão energética e de macronutrientes na primeira e na última semanas de intervenção (n = 120)	36
Tabela 3. Valores das variáveis de composição corporal no pré e pós-treinamento, e diferença média intra-grupo com 95% IC.....	39
Tabela 4. Valores de 1RM nos exercícios <i>chest press</i> , cadeira extensora, rosca <i>Scott</i> e carga total levantada no pré e pós-treinamento, e diferença média intra-grupo com 95% IC¶.....	43
Tabela 5. Valores dos testes funcionais no pré e pós-treinamento, e diferença media intra-grupo com 95% IC	44
Tabela 6. Estimativas dos coeficientes de regressão para os modelos de moderação simples (tamanho muscular basal)	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de variância
ANCOVA	Análise de covariância
BA	Espessura muscular do braço anterior
CA	Espessura muscular da coxa anterior
CL	Espessura muscular da coxa lateral
CTL	Carga total levantada
DIF_TM	Diferença do tamanho muscular
DXA	Absortometria radiológica de dupla energia
EPM	Erro padrão da medida
IC	Intervalo de confiança
ICC	Coeficiente de correlação intraclasse
IMC	Índice de massa corporal
MIGO	Massa isenta de gordura e osso
MIGO-MI	Massa isenta de gordura e osso dos membros inferiores
MIGO-MS	Massa isenta de gordura e osso dos membros superiores
R24H	Recordatório de 24 horas
TM	Tamanho muscular
TR	Treinamento resistido
TUG	Time-up-and-go
1RM	Uma repetição máxima

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Envelhecimento.....	12
1.2	Envelhecimento e Treinamento resistido	14
1.3	Volume de séries.....	15
1.4	Responsividade ao Treinamento resistido	18
2	OBJETIVOS.....	22
2.1	Objetivo geral	22
2.2	Objetivos específicos	22
3	HIPÓTESES.....	23
4	MÉTODOS	24
4.1	Desenho experimental.....	24
4.2	Participantes	25
4.3	Procedimentos	27
4.3.1	Composição corporal	27
4.3.2	Força Muscular	29
4.3.3	Testes de Aptidão Funcional	30
4.4	Programa de Treinamento resistido.....	31
4.5	Hábitos alimentares	32
4.6	Tratamento Estatístico.....	33
5	RESULTADOS.....	35
6	DISCUSSÃO	47
7	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS.....	54
	APÊNDICES	64
	APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	64
	APÊNDICE B – Ficha de avaliação do teste de 1-RM	66
	APÊNDICE C – Ficha de treinamento	67
	APÊNDICE D – Modelo do recordatório alimentar de 24 horas	68
	ANEXO	69
	ANEXO A – Carta de aprovação do projeto pelo comitê de ética	69

1. INTRODUÇÃO

1.1 Envelhecimento

O envelhecimento populacional representa uma das mais importantes transformações demográficas observadas nas últimas décadas. Esse fenômeno é um produto do aumento progressivo da expectativa de vida associado à redução das taxas de fecundidade, promovendo mudanças significativas na estrutura etária das populações em diferentes regiões do mundo (BLOOM et al., 2015; CHENG et al., 2022). Estimativas das Nações Unidas indicam que indivíduos com 65 anos ou mais representarão aproximadamente 16% da população mundial até 2050 (UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, 2022). No Brasil, esse processo ocorre de forma particularmente acelerada, sendo projetado que pessoas com 60 anos ou mais correspondam a cerca de 37,8% da população nacional em 2070, totalizando aproximadamente 75 milhões de indivíduos (IBGE, 2024).

Embora o aumento da longevidade represente uma importante conquista social e sanitária, o envelhecimento está associado a alterações progressivas que afetam diversos sistemas orgânicos. Entre essas alterações, destacam-se aquelas que ocorrem no sistema musculoesquelético, caracterizadas pela redução gradual da massa muscular, da força muscular e da capacidade funcional (CRUZ-JENTOFT et al., 2019). Esse conjunto de modificações tem sido amplamente reconhecido como um dos principais determinantes da perda de independência funcional e da redução da qualidade de vida em idosos.

Nesse contexto, a sarcopenia emerge como uma condição clínica de grande relevância para a saúde pública. Atualmente, a sarcopenia é definida como uma doença muscular progressiva e generalizada, caracterizada por baixos níveis de força muscular associados à redução da quantidade e/ou qualidade da massa muscular, frequentemente acompanhadas por comprometimento do desempenho físico (CRUZ-JENTOFT et al., 2019). Evidências recentes demonstram que essa condição está associada ao aumento do risco de incapacidade funcional, hospitalizações, quedas, fraturas, institucionalização e mortalidade por todas as causas (BEAUDART et al., 2023).

Embora a redução da massa muscular constitua uma característica marcante do envelhecimento, estudos longitudinais indicam que o declínio da força muscular ocorre de maneira mais acentuada do que a redução de massa muscular propriamente dita (NEWMAN et al., 2006; VISSER et al., 2000). Tal observação sugere que alterações neurais, estruturais e qualitativas do tecido muscular também desempenham papel importante na deterioração da função neuromuscular. Consequentemente, a redução da força muscular tem sido

considerada um dos mais robustos preditores de incapacidade física, perda da autonomia e mortalidade em idosos (CLARK; MANINI, 2010).

Apesar dessas alterações afetarem ambos os sexos, mulheres idosas parecem apresentar maior vulnerabilidade ao declínio funcional associado ao envelhecimento. Em comparação aos homens, mulheres geralmente apresentam menores níveis de massa muscular e força muscular ao longo da vida, condição que pode acentuar os efeitos deletérios do envelhecimento sobre o sistema musculoesquelético (CRUZ-JENTOFT et al., 2019; TEIXEIRA et al., 2012). Além disso, a transição menopausal promove uma redução expressiva na produção de estrogênio, hormônio que desempenha papel importante na manutenção da massa muscular, da homeostase metabólica e da saúde óssea (MONTELEONE et al., 2018; CRITCHLOW et al., 2023).

Para além disso, mulheres idosas frequentemente apresentam modificações desfavoráveis na composição corporal, incluindo aumento da adiposidade visceral (REYES-FARIAS et al., 2021), redução da massa muscular e diminuição progressiva da densidade e do conteúdo mineral ósseo (BOSKEY; COLEMAN, 2010). Essas alterações contribuem para o aumento da fragilidade, comprometimento da mobilidade e redução da capacidade para realização das atividades da vida diária, fatores diretamente relacionados à perda de autonomia e ao aumento da demanda por cuidados em saúde (LEVEILLE, 2004; LEVINGER et al., 2007; MONTERO-FERNANDEZ; SERRA-REXACH, 2013).

Apesar da tendência geral de declínio musculoesquelético observada com o avanço da idade, a magnitude dessas alterações apresenta considerável variabilidade entre indivíduos. Enquanto alguns idosos experimentam perdas acentuadas de massa muscular, força e funcionalidade, outros conseguem preservar grande parte dessas capacidades ao longo do envelhecimento. Essa heterogeneidade sugere que fatores biológicos, comportamentais e ambientais podem modular a trajetória do envelhecimento musculoesquelético, influenciando diretamente o potencial de resposta a intervenções voltadas à preservação da saúde e da funcionalidade nessa população.

Diante desse cenário, estratégias não farmacológicas capazes de atenuar ou reverter os efeitos deletérios do envelhecimento sobre o sistema musculoesquelético têm recebido crescente atenção. Entre elas, o treinamento resistido destaca-se como uma das intervenções mais eficazes, seguras e amplamente recomendadas para a manutenção da massa muscular, da força muscular e da capacidade funcional em indivíduos idosos (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2009; FRAGALA et al., 2019; IZQUIERDO et al., 2021). Entretanto, a magnitude das adaptações induzidas por esse tipo de treinamento pode variar substancialmente entre indivíduos, indicando a necessidade de compreender melhor os fatores que determinam essa heterogeneidade de resposta.

1.2 Envelhecimento e Treinamento Resistido

O declínio progressivo da massa muscular, da força e da capacidade funcional observado durante o envelhecimento tem motivado a busca por estratégias capazes de preservar a independência funcional e reduzir o risco de desfechos adversos à saúde em idosos. Nesse contexto, o treinamento resistido tem sido amplamente reconhecido como uma das intervenções não farmacológicas mais eficazes para prevenir ou atenuar as alterações musculoesqueléticas associadas ao envelhecimento (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2009; FRAGALA et al., 2019; IZQUIERDO et al., 2021).

Nas últimas décadas, um volume substancial de estudos demonstrou que o treinamento resistido promove adaptações favoráveis em diferentes componentes da aptidão física relacionados à saúde. Em mulheres idosas, programas sistematizados de treinamento resistido têm produzido aumentos significativos da força, da massa muscular esquelética e do desempenho funcional, contribuindo para a manutenção da capacidade de realização das atividades da vida diária e para a preservação da autonomia funcional (LIU; LATHAM, 2009; CARNEIRO et al., 2020, 2023; CUNHA et al., 2018).

Além dos benefícios neuromusculares, o treinamento resistido promove alterações favoráveis na composição corporal. Estudos conduzidos com mulheres idosas fisicamente independentes demonstraram aumentos na massa muscular concomitantemente à redução da adiposidade corporal após programas de treinamento supervisionado (CUNHA et al., 2019; RIBEIRO et al., 2018, 2020; CAVALCANTE et al., 2023). Essas adaptações apresentam relevância clínica importante, uma vez que a manutenção da massa muscular e a redução da gordura corporal estão associadas à melhora do perfil metabólico, da funcionalidade e da qualidade de vida.

Os benefícios do treinamento resistido não se restringem às adaptações morfológicas e funcionais. Em nível muscular, essas adaptações são mediadas por mecanismos que incluem aumento da síntese proteica miofibrilar, maior eficiência na utilização de aminoácidos, incremento da capacidade oxidativa e melhora da qualidade muscular, favorecendo um ambiente fisiológico mais propício à manutenção da função neuromuscular (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2009; FYFE; BISHOP; STEPTO, 2014; VILLAREAL et al., 2017). Embora a eficácia do treinamento resistido seja amplamente reconhecida, a magnitude das adaptações obtidas pode variar consideravelmente entre indivíduos. Parte dessa variabilidade pode ser explicada pelas características iniciais dos participantes, mas também pela forma como o treinamento é prescrito e executado. Variáveis como seleção e ordem dos exercícios, número de séries e repetições, velocidade de execução ou tempo sob tensão, intervalos de recuperação entre séries e exercícios e frequência exercem influência direta sobre as respostas adaptativas observadas após

períodos de treinamento sistematizado (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2009; KRAEMER; RATAMESS, 2004; SCHOENFELD et al., 2017; NUNES et al., 2021; ZHANG et al., 2022; CURRIER et al., 2026).

Dentre essas variáveis, o volume de séries tem recebido atenção especial na literatura contemporânea por representar um dos principais determinantes da magnitude das adaptações induzidas pelo treinamento resistido. Evidências recentes sugerem que programas com maior volume de séries podem produzir respostas hipertróficas superiores, embora os resultados ainda sejam inconsistentes para outros desfechos relevantes, como força muscular, composição corporal e aptidão funcional, especialmente em idosos (SCHOENFELD et al., 2017; NUNES et al., 2021). Dessa forma, compreender como diferentes doses de treinamento influenciam as adaptações ao exercício físico constitui um passo importante para o desenvolvimento de estratégias de prescrição mais eficientes e individualizadas para mulheres idosas.

1.3 Volume de séries

Entre as variáveis que compõem a prescrição do treinamento resistido, o volume de séries tem sido amplamente reconhecido como um dos principais determinantes da magnitude das adaptações neuromusculares e morfológicas induzidas pelo exercício. Embora diferentes definições sejam empregadas na literatura, o volume de séries é frequentemente representado pelo número de séries utilizada em um ou mais exercícios para determinado grupo muscular ao longo de uma sessão ou período de treinamento (KRAEMER; RATAMESS, 2004; FRAGALA et al., 2019).

A importância do volume de séries está relacionada à quantidade total de estímulo mecânico e metabólico imposta ao sistema musculoesquelético. De forma geral, tem sido sugerido que maiores volumes tendem a aumentar o tempo sob tensão, o recrutamento acumulado de unidades motoras e a magnitude das respostas celulares associadas à síntese proteica muscular, fatores que podem potencializar as adaptações hipertróficas decorrentes do treinamento resistido (SCHOENFELD et al., 2017). Consequentemente, o volume de séries tem sido considerado uma variável-chave para a otimização dos ganhos de massa muscular e força muscular em diferentes populações.

Recomendações contemporâneas para treinamento resistido em idosos sugerem a realização de duas a três séries por exercício como estratégia eficaz para promover aumentos de força e hipertrofia muscular e melhoria da capacidade funcional (BORDE; HORTOBÁGYI; GRANACHER, 2015; FRAGALA et al., 2019). Adicionalmente, programas com maior volume de séries podem produzir benefícios adicionais em variáveis relacionadas à composição

corporal, ao perfil hormonal, ao metabolismo e à função imunológica (CONSITT; DUDLEY; SAXENA, 2019; KRAEMER et al., 2020; SALIMANS et al., 2022).

Entretanto, a relação entre volume de séries e adaptações fisiológicas não parece ser linear e ilimitada. Embora volumes mais elevados possam potencializar determinados desfechos, o aumento excessivo da carga total de treinamento pode resultar em maior fadiga acumulada, recuperação insuficiente entre as sessões e redução da aderência ao programa, especialmente em populações mais vulneráveis, como idosos (FELL; WILLIAMS, 2008; ROTH et al., 2000). Dessa forma, a identificação de uma dose ótima eficaz capaz de produzir adaptações clinicamente relevantes torna-se um aspecto fundamental para a elaboração de programas de treinamento seguros, eficientes e sustentáveis ao longo do tempo.

No contexto do envelhecimento, essa questão assume relevância ainda maior, visto que alterações fisiológicas associadas à idade podem prolongar o processo de recuperação pós-exercício, tornando indivíduos idosos potencialmente mais sensíveis ao acúmulo de fadiga decorrente de volumes elevados de treinamento (FELL; WILLIAMS, 2008; ROTH et al., 2000). Além disso, a elevada prevalência de doenças osteoarticulares, limitações funcionais e outras condições clínicas frequentemente observadas nessa população pode comprometer a tolerância a programas de treinamento mais extensos e aumentar o risco de abandono das intervenções (LIMA et al., 2019; CRUZ-JENTOFT et al., 2019; RIVERA-TORRES et al., 2019).

Analisando o viés fisiológico, esse racional pode ser explicado pela forma como a musculatura recruta suas unidades motoras ao longo de uma sessão de treinamento. De acordo com o princípio do tamanho, as unidades motoras são recrutadas de forma ordenada conforme a demanda de força aumenta: primeiro as unidades de menor limiar, compostas predominantemente por fibras do tipo I, e, à medida que essas fibras entram em fadiga, unidades de maior limiar, compostas por fibras do tipo II, passam a ser progressivamente recrutadas para a manutenção da produção de força (HERDA, 2022). Estudos com decomposição eletromiográfica confirmam que esse recrutamento progressivo de unidades motoras de maior limiar ocorre mesmo em exercícios de intensidade submáxima, desde que a série seja realizada próxima à fadiga (MUDDLE et al., 2018). Dessa forma, um maior número de séries por sessão tende a acumular mais fadiga ao longo do treinamento, recrutando de forma mais completa as fibras do tipo II, que possuem maior potencial hipertrófico do que as fibras do tipo I, como evidenciado por Verdijk et al. (2009), que observaram, em homens idosos, um aumento de 28% na área de secção transversa das fibras do tipo II após a realização de um programa de TR, frente a um aumento de apenas 8,5% na área de secção transversa total do quadríceps. Esse crescimento preferencial parece ocorrer, sobretudo, por meio da adição de sarcômeros em paralelo dentro das fibras

recrutadas, aumentando a quantidade de proteína contrátil e, consequentemente, a área de secção transversa muscular (SCHOENFELD, 2010).

Por outro lado, diversos estudos realizados com mulheres idosas demonstraram que a adoção de volumes relativamente modestos de treinamento resistido são suficientes para promover melhorias significativas na força muscular, composição corporal, qualidade muscular e parâmetros metabólicos (BORDE; HORTOBÁGYI; GRANACHER, 2015; CUNHA et al., 2018; CUNHA et al., 2019; FRAGALA et al., 2019). Resultados semelhantes também foram observados em situações de manutenção das adaptações após períodos de destreinamento, nas quais reduções substanciais do volume de séries foram capazes de preservar ou até mesmo ampliar ganhos previamente adquiridos (ANTUNES et al., 2022). Antunes et al. (2022), mais especificamente, ao submeterem as participantes a um protocolo com volume substancialmente reduzido em comparação ao período de sistematização inicial, observaram que uma dose menor de treino foi suficiente não apenas para prevenir o declínio associado ao destreinamento total, mas também para preservar e, em determinados desfechos neuromusculares, ampliar os incrementos de força e função obtidos previamente.

Essas evidências sugerem que a relação entre volume e adaptações fisiológicas pode ser mais complexa do que simplesmente assumir que volumes maiores sempre resultam em respostas superiores. Embora meta-análises recentes indiquem uma tendência favorável a maiores volumes de carga para maximização da hipertrofia muscular (SCHOENFELD et al., 2017), ainda permanecem incertezas quanto à magnitude desses benefícios em mulheres idosas e quanto aos possíveis fatores que podem modificar essa relação.

Dentre os fatores potencialmente envolvidos, características morfológicas prévias dos participantes podem exercer papel importante na determinação da resposta adaptativa ao treinamento. Dessa forma, compreender se indivíduos com diferentes níveis iniciais de desenvolvimento muscular respondem de maneira semelhante ou distinta a diferentes volumes de treinamento representa uma questão ainda pouco explorada na literatura científica e de potencial relevância para a individualização da prescrição do treinamento resistido em mulheres idosas.

1.4 Responsividade ao Treinamento resistido

Embora os benefícios do treinamento resistido sobre a massa muscular, força muscular e capacidade funcional estejam amplamente estabelecidos, evidências acumuladas nas últimas décadas têm demonstrado que a magnitude dessas adaptações varia substancialmente entre indivíduos submetidos a protocolos semelhantes de treinamento (HUBAL et al., 2005; AHTIAINEN et al., 2016). Essa variabilidade interindividual tem despertado crescente interesse científico, particularmente pela necessidade de compreender quais fatores podem influenciar a responsividade ao exercício físico e contribuir para uma prescrição mais individualizada do treinamento resistido.

Diversos fatores têm sido propostos como potenciais moduladores das adaptações induzidas pelo treinamento resistido, incluindo idade, sexo, perfil hormonal, estado nutricional, fatores genéticos, nível habitual de atividade física e características neuromusculares prévias (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2009; AHTIAINEN et al., 2016). Dentre essas variáveis, os níveis basais de massa muscular e força muscular têm recebido atenção especial, uma vez que podem representar indicadores da reserva adaptativa disponível para responder ao estímulo imposto pelo treinamento.

Sob essa perspectiva, indivíduos que iniciam programas de treinamento resistido com menores níveis de desenvolvimento muscular podem apresentar maior potencial para adaptações subsequentes. Esse conceito baseia-se na premissa de que indivíduos com reduzida massa muscular inicial encontram-se mais distantes de seus limites fisiológicos de desenvolvimento, apresentando uma maior margem potencial para alcançarem maiores incrementos morfológicos e funcionais após a exposição ao treinamento (HUBAL et al., 2005; RHEA et al., 2003). Do ponto de vista fisiológico, esse racional encontra respaldo na dinâmica da síntese proteica muscular ao longo do processo de treinamento. Estudos que compararam a resposta aguda dessa variável a uma sessão de exercício resistido em estado destreinado e treinado (KIM; STARON; PHILLIPS, 2005; TANG et al., 2008; WILKINSON et al., 2008) demonstraram que, no estado destreinado, o aumento da síntese proteica muscular é mais prolongado e resulta em uma resposta aproximadamente três vezes maior do que no estado treinado, no qual essa resposta se torna mais breve e de menor magnitude acumulada à medida que o indivíduo acumula experiência de treinamento (DAMAS et al., 2015). Esse fenômeno de atenuação progressiva da resposta anabólica ao estímulo de treinamento, à medida que a massa muscular se aproxima de um determinado teto biológico individual, ajuda a explicar por que indivíduos com menor desenvolvimento muscular inicial tendem a apresentar incrementos morfológicos mais expressivos em resposta a um mesmo estímulo de treinamento (DAMAS et al., 2015). Em contrapartida, indivíduos com maiores níveis basais de massa muscular podem apresentar respostas relativamente menores, uma vez que se

encontram mais próximos de um possível platô adaptativo, exigindo estímulos progressivamente mais elevados para promover adaptações adicionais (RHEA et al., 2003; SCHOENFELD et al., 2017).

Investigações endereçadas a análise da heterogeneidade das respostas ao treinamento resistido têm reportado que indivíduos com menores valores iniciais de área de secção transversa muscular frequentemente apresentam maiores ganhos relativos de massa muscular após períodos de treinamento sistematizado (HUBAL et al., 2005). Por outro lado, a literatura não é unânime quanto a essa relação, havendo evidências que não identificaram associação entre o tamanho muscular basal e a magnitude dos ganhos hipertróficos subsequentes, e até mesmo evidências sugerindo uma relação de sentido oposto.

Mangine et al. (2018), ao compararem homens adultos com experiência prévia em TR classificados de acordo com a maior ou menor área de secção transversa muscular basal, não identificaram diferenças significantes na magnitude dos ganhos de força e massa muscular entre os subgrupos após oito semanas de treinamento, sugerindo que o tamanho muscular de partida exerceria pouca influência sobre as adaptações subsequentes em indivíduos com nível de treinamento semelhante. Em mulheres idosas, Nunes et al. (2021) tampouco encontraram correlação significativa entre as características morfológicas basais das participantes e a magnitude da resposta hipertrófica obtida após um programa de TR. Um achado ainda mais contundente foi reportado por Haun et al. (2019) que, ao investigarem homens jovens previamente treinados, verificaram que os indivíduos classificados como baixos respondedores à hipertrofia muscular apresentavam, na condição basal, fibras musculares do tipo II de maior área de secção transversa do que os altos respondedores, ou seja, uma relação de sentido inverso à proposta por Hubal et al. (2005), na qual um maior, e não menor, tamanho muscular de partida esteve associado a uma resposta hipertrófica subsequente reduzida. Do ponto de vista fisiológico, esse fenômeno pode estar relacionado a uma maior sensibilidade inicial aos estímulos mecânicos do treinamento, resultando em respostas mais pronunciadas das síntese proteica muscular durante as fases iniciais de adaptação (DAMAS et al., 2016).

No que se refere à força muscular, a influência dos níveis basais pode ser ainda mais evidente. Indivíduos com menor desempenho neuromuscular inicial tendem a apresentar ganhos percentuais mais elevados após programas de treinamento resistido, especialmente em decorrência das adaptações neurais que predominam nas fases iniciais do treinamento, incluindo melhorias no recrutamento, sincronização e frequência de disparo das unidades motoras (CLARK; MANINI, 2012), mecanismos que se tornam progressivamente menos disponíveis à medida que o sistema neuromuscular se aproxima de sua capacidade máxima de ativação voluntária (SALE, 1988). Consequentemente, incrementos relativamente modestos na capacidade de produção de força podem resultar em melhorias substanciais no

desempenho funcional de indivíduos com baixos níveis iniciais de aptidão física (STRAIGHT et al., 2016).

Essa relação também pode apresentar implicações importantes para a funcionalidade de mulheres idosas. Em indivíduos com reduzidas reservas musculares e funcionais, pequenas melhorias absolutas na força e na massa muscular podem ser suficientes para ultrapassar limiares mínimos necessários para a realização independente de tarefas cotidianas, produzindo ganhos funcionais proporcionalmente maiores quando comparados àqueles observados em indivíduos com melhores condições iniciais (VISSER et al., 2000). Dessa forma, compreender a influência das características basais sobre as adaptações ao treinamento resistido possui não apenas relevância fisiológica, mas também importantes implicações clínicas para a promoção da independência funcional durante o envelhecimento.

Apesar do crescente interesse pela heterogeneidade das respostas adaptativas ao treinamento resistido, a maior parte das investigações disponíveis concentrou-se na análise isolada da influência de características basais sobre os ganhos obtidos após o treinamento. Petrella et al. (2008), por exemplo, classificaram 66 indivíduos em respondedores extremos, moderados e não respondedores após 16 semanas de TR, verificando que, embora o tamanho da fibra muscular não diferisse entre os grupos na condição basal, o conteúdo basal de células satélites era significativamente maior nos respondedores extremos, apontando essa característica celular como um potencial marcador de responsividade. Por outro lado, Ahtiainen et al. (2016), ao investigarem uma ampla amostra de homens e mulheres de diferentes faixas etárias, verificaram que nem a idade, nem o sexo dos participantes influenciaram de forma significativa a magnitude dos ganhos de massa muscular e força após o TR, apesar da expressiva heterogeneidade individual observada. Consequentemente, ainda permanece pouco compreendido se indivíduos com diferentes níveis iniciais de desenvolvimento muscular respondem de maneira semelhante ou distinta a diferentes doses de exercício. Essa questão torna-se particularmente relevante quando se considera que o volume de treinamento é reconhecido como um dos principais determinantes das adaptações hipertróficas induzidas pelo treinamento resistido (SCHOENFELD et al., 2017; NUNES et al., 2024). Entretanto, permanece incerto se os benefícios associados a maiores volumes de treinamento são equivalentes para indivíduos com diferentes níveis basais de massa muscular ou se o tamanho muscular inicial pode atuar como um moderador da resposta ao exercício.

Dessa forma, embora estudos anteriores tenham investigado separadamente os efeitos do volume de treinamento e a influência de características musculares basais sobre as adaptações ao treinamento resistido, ainda existe uma lacuna importante relacionada à possível interação entre esses fatores. Nesse cenário, a investigação realizada por Hammert et al. (2026) desponta como uma das poucas iniciativas na literatura a testar de forma explícita

essa moderação por meio de modelos estatísticos formais. A sustentação teórica para essa hipótese apoia-se na premissa de que indivíduos dotados de maior volume muscular pré-treinamento disporiam de uma "reserva contrátil" superior. Sob esse racional, à medida que o treinamento promove o aprimoramento do recrutamento neural, uma maior quantidade de tecido contrátil pré-existente poderia ser mobilizada, potencializando os ganhos de força máxima especificamente em indivíduos com maior massa basal (BLAZEVOICH et al., 2007).

Não obstante essa plausibilidade biológica, Hammert et al. (2026) observaram que a espessura muscular inicial não moderou de forma significativa as adaptações de força máxima após seis semanas de intervenção, sugerindo que a magnitude dos ganhos adaptativos pode independe da dimensão morfológica de partida. Essa divergência frente aos achados teóricos prévios, como as associações reportadas no quadríceps por Blazevoich et al. (2007), suscita reflexões cruciais a respeito da heterogeneidade entre os grupamentos musculares. Como ponderado pelos próprios autores, a musculatura dos flexores do cotovelo apresenta, em condições basais, níveis de ativação voluntária máxima substancialmente superiores aos observados no quadríceps, o qual historicamente apresenta maior déficit de *drive* neural (BEHM et al., 2002; HUCTEAU et al., 2020). Essa diferença neurofisiológica intrínseca implica que o impacto da dimensão muscular basal sobre as respostas ao treinamento pode variar conforme o grupamento avaliado e a dose de estresse mecânico aplicada. Dessa forma, compreensão dessa interação entre tamanho muscular basal e volume de treinamento poderá contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais individualizadas de prescrição do treinamento resistido, permitindo otimizar ganhos de hipertrofia muscular, força muscular, composição corporal e aptidão funcional em mulheres idosas destreinadas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar a influência do tamanho muscular basal e do volume de treinamento resistido sobre as adaptações morfológicas, neuromusculares e funcionais induzidas por um programa de treinamento resistido em mulheres idosas destreinadas.

2.2 Objetivos específicos

- Comparar os efeitos de diferentes volumes de treinamento resistido (duas versus três séries por exercício) sobre as alterações da espessura muscular, da massa isenta de gordura e osso, da força muscular e da aptidão funcional em mulheres idosas destreinadas;
- Analisar a possível moderação do tamanho muscular basal sobre a magnitude das adaptações da espessura muscular, da massa isenta de gordura e osso, da força muscular e da aptidão funcional após um programa de treinamento resistido;
- Investigar a possível interação entre o tamanho muscular basal e o volume de treinamento na determinação das respostas hipertróficas, neuromusculares e funcionais induzidas pelo treinamento resistido;

3. HIPÓTESES

Com base nas informações disponíveis na literatura científica até o presente momento e considerando os objetivos propostos para a presente investigação, foram estabelecidas as seguintes hipóteses:

- Mulheres idosas submetidas ao treinamento resistido com maior volume (três séries por exercício) apresentarão maiores incrementos na espessura muscular e na massa isenta de gordura e osso quando comparadas àquelas submetidas ao menor volume de treinamento (duas séries por exercício);
- Ambos os volumes de treinamento promoverão aumentos significativos da força muscular e da aptidão funcional. Entretanto, as magnitudes dessas adaptações serão semelhantes entre os grupos submetidos a duas e três séries por exercício;
- As respostas de diferentes volumes de treinamento serão moderadas em função dos níveis iniciais de tamanho muscular das participantes, no qual mulheres idosas com menores valores de tamanho muscular basal, submetidas ao treinamento resistido com maior volume (três séries por exercício) apresentarão maiores incrementos nas adaptações morfológicas, neuromusculares e funcionais quando comparadas àquelas submetidas ao menor volume de treinamento (duas séries por exercício);

4. MÉTODOS

4.1 Delineamento experimental

O presente estudo caracteriza-se como uma investigação longitudinal, quase-experimental, com grupos paralelos, conduzida a partir de dados provenientes de duas coortes do projeto “*Active Aging Longitudinal Study*”. Para esta investigação, as participantes foram agrupadas de acordo com o volume de treinamento realizado durante a intervenção: grupo duas séries por exercício (G-2S) e grupo três séries por exercício (G-3S). Na sequência foram submetidas a um programa supervisionado de treinamento resistido com duração de 12 semanas, realizado três vezes por semana, em dias não consecutivos. Ambos os grupos realizaram o mesmo protocolo de exercícios, frequência semanal, zona de repetições, intervalos de recuperação e critérios de progressão de carga, diferindo apenas no número de séries executadas por exercício.

O período total do estudo compreendeu 18 semanas. As avaliações foram realizadas antes e após a intervenção, nas semanas 1–3 e 16–18, respectivamente. As medidas incluíram composição corporal, por meio de absorptometria radiológica de dupla energia e ultrassonografia; força muscular, por testes de uma repetição máxima; e aptidão funcional, por testes motores específicos. A ingestão alimentar foi monitorada nas semanas iniciais e finais do período de treinamento por meio de recordatórios alimentares de 24 horas. O programa de treinamento resistido foi realizado entre as semanas 4 e 15, totalizando 12 semanas de intervenção. Todas as sessões foram supervisionadas por profissionais de Educação Física, com o objetivo de garantir a adequada execução dos exercícios, a segurança das participantes e a padronização do protocolo de treinamento. Uma representação do desenho experimental é apresentada na Figura 1.

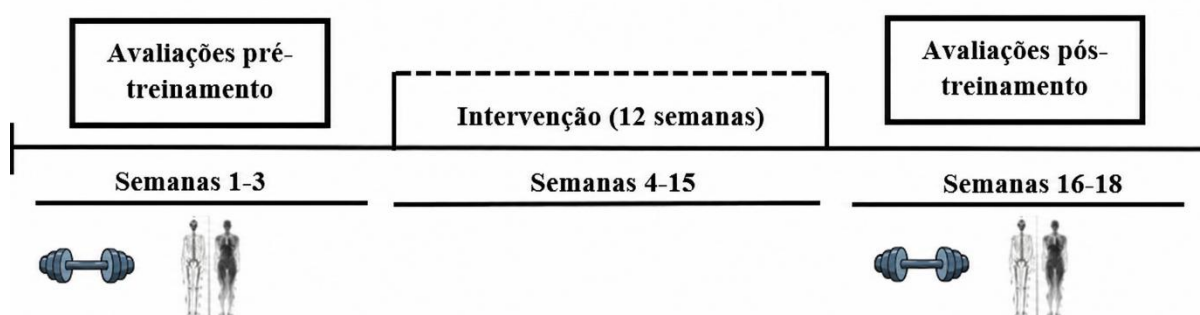


Figura 1 – Delineamento experimental.

4.2 Participantes

Cento e sessenta mulheres idosas fisicamente independentes foram recrutadas para participarem deste estudo por meio de ampla divulgação em emissoras de televisão, rádios locais, jornais impressos e plataformas digitais (Facebook, Instagram, X e WhatsApp). Inicialmente, todas as interessadas foram submetidas à entrevista estruturada, anamnese clínica e avaliação médica para verificação dos critérios de elegibilidade para seleção da amostra. Para tanto, foram considerados os seguintes critérios de inclusão: (a) idade igual ou superior a 60 anos; (b) independência funcional para a realização das atividades da vida diária; (c) ausência de limitações ortopédicas ou neurológicas que impedissem a realização dos testes e do programa de treinamento resistido; (d) não utilização de terapia de reposição hormonal; (e) ausência de participação regular em programas sistematizados de exercício físico (> 1 sessão por semana) nos três meses anteriores ao início do estudo; e (f) liberação médica para participação em programas de exercícios físicos após avaliação cardiológica.

Assim, 139 participantes foram selecionadas para participarem do estudo. As participantes que não completaram todas as avaliações previstas no protocolo experimental, que apresentaram frequência inferior a 85% das sessões de treinamento ou que interromperam a participação por motivos de saúde ou razões pessoais durante o período de intervenção foram excluídas das análises. No final do período de intervenção, 120 participantes completaram o estudo e compuseram a amostra analisada. Antes do início da investigação, todas as participantes receberam informações detalhadas sobre os objetivos, procedimentos, riscos e benefícios do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes do início da coleta de dados. O estudo foi conduzido em conformidade com os princípios éticos estabelecidos pela Declaração de Helsinque e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina. O processo de recrutamento, acompanhamento e análise das participantes é ilustrado na Figura 2.

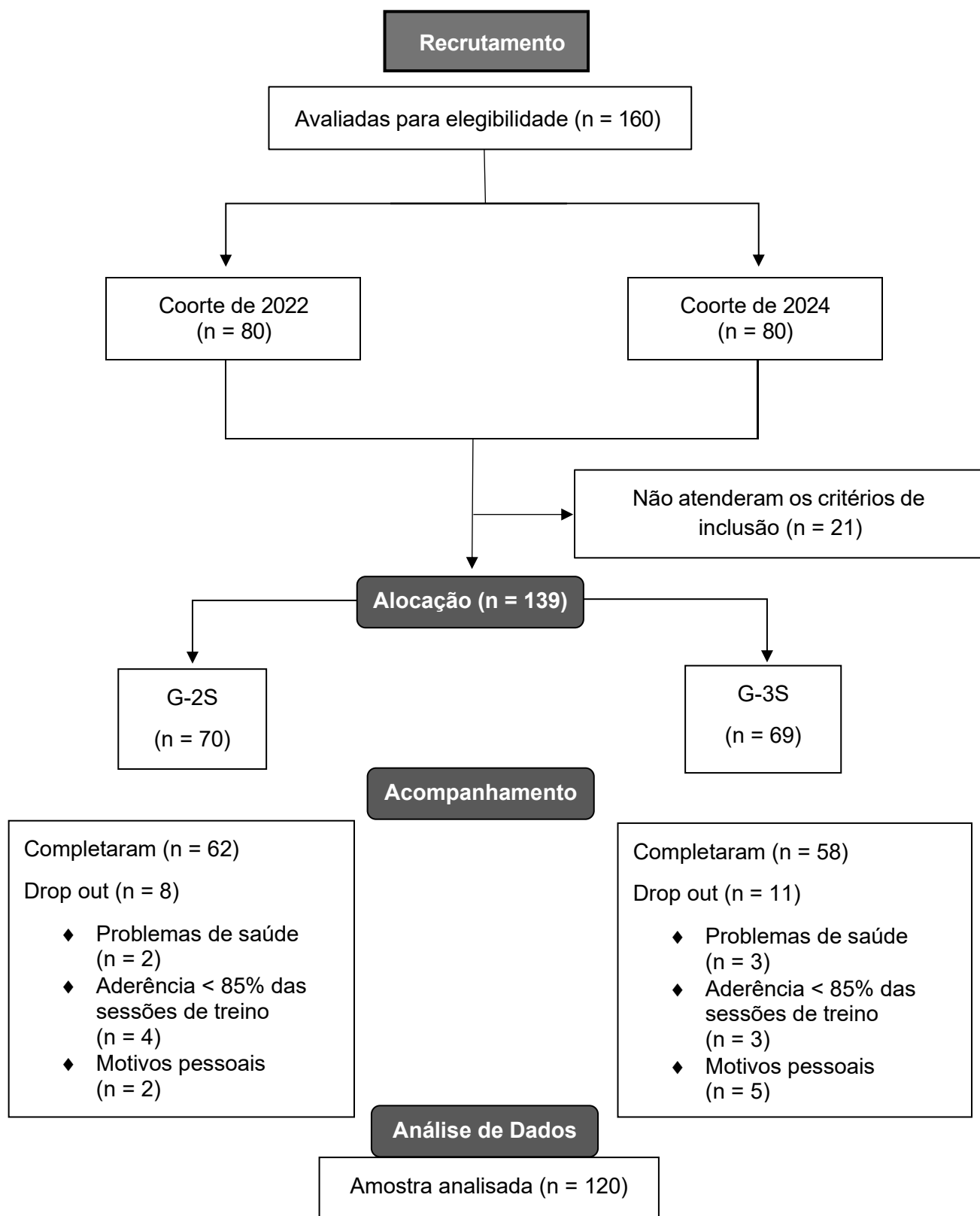


Figura 2 – Fluxograma do estudo.

4.3 Procedimentos

4.3.1 Composição corporal

A composição corporal foi avaliada por meio da absorptometria radiológica de dupla energia (DXA). As medidas foram realizadas utilizando um equipamento Lunar Prodigy Advance (GE Lunar, Madison, WI, USA), por meio de escaneamento de corpo inteiro. Previamente a cada sessão de avaliação, o equipamento foi calibrado de acordo com as recomendações do fabricante. Todas as análises foram conduzidas por um técnico experiente e devidamente treinado para a operação do equipamento e interpretação dos exames. As participantes foram avaliadas utilizando roupas leves, descalças e sem portar objetos metálicos ou acessórios que pudessem interferir na qualidade das imagens. Durante o exame, as participantes permaneceram em decúbito dorsal, posicionadas sobre a mesa de escaneamento, mantendo-se imóveis até a conclusão da varredura.

Os dados obtidos pelo software do equipamento (Lunar Prodigy DXA System, versão 9.3) foram utilizados para estimar a massa isenta de gordura e osso (MIGO) total e regional. As análises regionais incluíram a massa isenta de gordura e osso dos membros superiores (MIGO-MS) e dos membros inferiores (MIGO-MI). A delimitação dos segmentos corporais foi realizada por meio das regiões de interesse geradas automaticamente pelo software e ajustadas manualmente com base em pontos anatômicos específicos, conforme recomendações do fabricante. Para garantir a qualidade e a reprodutibilidade das medidas, foram calculados o erro padrão da medida (EPM) e o coeficiente de correlação intraclasse (ICC) a partir de avaliações repetidas realizadas no laboratório. Os valores de ICC para MIGO, MIGO-MS e MIGO-MI foram superiores a 0,98, com EPM inferiores a 1,5%.

Adicionalmente, a espessura muscular foi avaliada por ultrassonografia em modo B utilizando um equipamento Logiq e (GE Healthcare, Chicago, IL, USA) equipado com transdutor linear multifrequencial (L4–12t; GE Healthcare). Nesse sentido, ao chegarem ao laboratório, as participantes permaneceram em repouso na posição supina por aproximadamente 10 min antes do início das avaliações, com o objetivo de minimizar possíveis alterações decorrentes do deslocamento de fluidos corporais. Durante os procedimentos, as participantes permaneceram em decúbito dorsal, com quadris e joelhos totalmente estendidos. Uma cinta foi posicionada nos pés para auxiliar na manutenção do alinhamento dos membros inferiores e reduzir movimentos involuntários durante a aquisição das imagens. As imagens ultrassonográficas foram obtidas no lado direito do corpo em três regiões anatômicas previamente definidas: (a) braço anterior (BA), representando os músculos bíceps braquial e braquial; (b) coxa anterior (CA), representando os músculos reto femoral e vasto intermédio; e (c) coxa lateral (CL), representando os músculos vasto lateral e

vasto intermédio. Para o braço anterior, a imagem foi obtida a 60% da distância entre o acrômio da escápula e o epicôndilo lateral do úmero. Para as regiões da coxa, as imagens foram obtidas a 50% da distância entre o trocânter maior do fêmur e o epicôndilo lateral do fêmur.

Antes da aquisição das imagens, uma quantidade abundante de gel hidrossolúvel foi aplicada sobre a pele para garantir adequada transmissão das ondas ultrassônicas e evitar compressão dos tecidos superficiais pelo transdutor. Todas as imagens foram obtidas com o transdutor posicionado perpendicularmente à superfície da pele. Dois avaliadores participaram do processo de aquisição das imagens. O primeiro foi responsável pelo posicionamento e manuseio do transdutor, enquanto o segundo realizou a captura e o armazenamento das imagens quando a qualidade visual era considerada adequada. Posteriormente, as medidas foram obtidas utilizando o software do próprio equipamento. A espessura muscular foi determinada como a distância entre a interface músculo-tecido adiposo subcutâneo e a superfície óssea subjacente, sendo expressa em centímetros (cm). Para as análises subsequentes, foi calculado um índice de tamanho muscular (TM), obtido pela soma das espessuras musculares das três regiões avaliadas:

$$\text{TM (cm)} = \text{BA} + \text{CA} + \text{CL}$$

em que BA corresponde à espessura muscular do braço anterior, CA à espessura muscular da coxa anterior e CL à espessura muscular da coxa lateral. Tal procedimento permitiu uma estimativa mais representativa do desenvolvimento muscular dos membros superiores e inferiores do que a utilização isolada de um único sítio anatômico. Para garantir a qualidade e a confiabilidade das medidas, foram determinados o erro padrão da medida (EPM) e o coeficiente de correlação intraclasse (ICC) a partir de análises repetidas realizadas no laboratório. Os valores de ICC para as medidas de BA, CA e CL foram superiores a 0,95, com EPM inferiores a 3%, indicando elevada reprodutibilidade das avaliações.

4.3.2 Força muscular

A força muscular dinâmica máxima foi avaliada por meio de testes de uma repetição máxima (1RM), amplamente utilizados para estimar a capacidade máxima de produção de força em exercícios resistidos. Foram avaliados três exercícios representativos de diferentes segmentos corporais: *chest press*, para avaliação da força dos membros superiores e musculatura do tronco; cadeira extensora, para avaliação da força dos extensores de joelho; e rosca Scott, para avaliação da força dos flexores de cotovelo. Para além disso, realizou-se o cálculo da carga total levantada (CTL), dada pela somatória entre os três valores de 1RM relatados. Os três exercícios foram selecionados por representarem grupos musculares de membros superiores e inferiores frequentemente utilizados em programas de treinamento resistido para idosos, permitindo uma avaliação abrangente das adaptações neuromusculares induzidas pela intervenção.

Previamente ao início das avaliações, todas as participantes receberam instruções padronizadas sobre os procedimentos de testagem e a técnica correta de execução dos exercícios. Com o objetivo de minimizar possíveis efeitos de aprendizagem e aumentar a estabilidade das medidas, foram realizadas três sessões de teste de 1RM, separadas por intervalos mínimos de 48 h, conforme recomendações para populações idosas (AMARANTE DO NASCIMENTO et al., 2013). No início de cada sessão, as participantes realizaram um aquecimento específico composto por uma série de 6 a 10 repetições utilizando aproximadamente 50% da carga estimada para o teste. A carga inicial foi definida com base na experiência dos avaliadores e no desempenho observado durante as sessões de familiarização. Após o aquecimento, até três tentativas foram realizadas em cada exercício para determinação da carga máxima. Os intervalos de recuperação foram de três a cinco minutos entre tentativas e de cinco minutos entre exercícios. Os ajustes de carga entre as tentativas variaram entre 3% e 10%, de acordo com o desempenho individual, de forma a permitir a identificação da maior carga que pudesse ser levantada em uma única repetição completa com técnica adequada. A carga de 1RM foi definida como a maior carga levantada com amplitude completa de movimento em uma única repetição voluntária máxima. Durante todos os testes, a técnica de execução foi rigorosamente padronizada e monitorada por avaliadores experientes, garantindo a segurança das participantes e a consistência dos procedimentos adotados.

Para assegurar a qualidade das medidas, foram calculados o coeficiente de correlação intraclasse (ICC) e o erro padrão da medida (EPM) para cada exercício avaliado. Nas análises estatísticas subsequentes, foram utilizados os maiores valores de 1RM obtidos para cada exercício. Os valores de ICC para os testes de 1RM no supino vertical, cadeira

extensora e rosca Scott foram superiores a 0,95, com EPM inferiores a 5%, demonstrando elevada reprodutibilidade das medidas.

4.3.3 Testes de aptidão funcional

A aptidão funcional foi avaliada por meio de uma bateria de testes amplamente utilizada em estudos envolvendo idosos, contemplando diferentes componentes da funcionalidade relacionados à independência nas atividades da vida diária. Todos os testes foram realizados por avaliadores previamente treinados, seguindo protocolos padronizados. As participantes receberam instruções detalhadas antes de cada avaliação e foram encorajadas verbalmente durante a execução dos testes.

4.3.3.1 Time-up-and-go (TUG): Para a realização do teste TUG, as participantes iniciaram o teste sentadas em uma cadeira posicionada contra uma parede, com as costas apoiadas no encosto e os pés completamente apoiados no solo. Ao sinal do avaliador, as participantes deveriam levantar-se da cadeira, caminhar até um cone posicionado a três metros de distância, contorná-lo, retornar à cadeira e sentar-se novamente, completando o percurso no menor tempo possível, sem correr. O tempo total foi registrado com precisão de 0,01 segundo, desde o início do movimento para levantar-se da cadeira até o momento em que a participante retornava à posição sentada. Foram realizadas três tentativas, sendo considerado para análise o melhor desempenho obtido.

4.3.3.2 Sentar e levantar 30s: Para o teste de sentar e levantar da cadeira em 30s, as participantes permaneceram sentadas em uma cadeira sem apoio para os braços, com os pés apoiados no solo e os braços cruzados sobre o tórax. Ao comando do avaliador, deveriam realizar o maior número possível de repetições completas de sentar e levantar durante 30 s. Uma repetição foi considerada válida quando a participante atingia a extensão completa dos joelhos na posição em pé e retornava à posição sentada com contato completo do quadril com o assento. O resultado final foi expresso pelo número total de repetições realizadas.

4.3.3.3 Força de preensão manual: A força de preensão manual foi determinada utilizando um dinamômetro hidráulico Jamar® (Sammons Preston Rolyan, Bolingbrook, IL, USA). Antes das avaliações, as participantes realizaram um breve período de familiarização com o equipamento. Durante o teste, as participantes permaneceram sentadas em uma cadeira sem apoio para os braços, com os pés apoiados no solo, joelhos flexionados a aproximadamente 90° e o cotovelo do membro avaliado flexionado a 90°. Foram realizadas três tentativas para

cada mão, de forma alternada, iniciando-se pela mão direita. Um intervalo mínimo de 120 segundos foi respeitado entre as séries de tentativas. O maior valor obtido entre as tentativas foi utilizado para análise, sendo os resultados expressos em quilogramas (kg).

4.3.3.4 Caminhada de 6 minutos: Para o teste de caminhada de seis minutos, as participantes foram instruídas a caminhar o mais rapidamente possível, sem correr, durante seis minutos em um percurso demarcado por cones. Durante o teste, um avaliador registrou o tempo, contabilizou o número de voltas completadas e determinou a distância total percorrida. O resultado final foi expresso em metros percorridos ao final dos seis minutos.

4.4 Programa de Treinamento resistido

O programa de treinamento resistido foi realizado na academia de musculação da Universidade Estadual de Londrina durante um período de 12 semanas, seguindo as recomendações para o treinamento resistido em indivíduos idosos (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2009; FRAGALA et al., 2019). As sessões ocorreram três vezes por semana, em dias não consecutivos (segundas, quartas e sextas-feiras), no período matutino. Todas as sessões foram supervisionadas individualmente por profissionais de Educação Física com experiência em treinamento resistido para idosos, com o objetivo de garantir a correta execução dos exercícios, a segurança das participantes e a padronização do protocolo experimental. As participantes foram distribuídas em dois grupos de acordo com o volume de treinamento realizado: grupo duas séries por exercício (G-2S) e grupo três séries por exercício (G-3S). Dessa forma, o único componente do programa que diferiu entre os grupos foi o número de séries executadas por exercício. Todas as demais variáveis de treinamento foram mantidas constantes ao longo da intervenção.

O programa foi composto por oito exercícios destinados aos principais grupamentos musculares dos membros superiores, inferiores e tronco, realizados em equipamentos de musculação e pesos livres. Os exercícios incluíram: *chest press*, *leg press* horizontal, remada baixa, cadeira extensora, tríceps *pulley*, cadeira flexora, rosca Scott e cadeira solear. Durante todo o período de intervenção, as participantes realizaram duas ou três séries de 10 a 15 repetições máximas (RM) em cada exercício, de acordo com o grupo experimental ao qual pertenciam. A velocidade de execução foi padronizada em aproximadamente um segundo para a fase concêntrica e dois segundos para a fase excêntrica do movimento. Além disso, as participantes foram orientadas a expirar durante a fase concêntrica e inspirar durante a fase excêntrica de cada exercício, evitando a realização da manobra de Valsalva.

Os intervalos de recuperação foram de um a dois minutos entre séries e de dois a três

minutos entre exercícios. A progressão das cargas foi realizada individualmente ao longo do programa. Sempre que a participante atingia o limite superior da faixa de repetições estabelecida (15 RM) em duas sessões consecutivas, a carga era aumentada em aproximadamente 2% a 5% para exercícios de membros superiores e 5% a 10% para exercícios de membros inferiores. De forma semelhante, quando a participante não conseguia atingir o limite inferior da faixa estabelecida (10 RM), a carga era reduzida na mesma proporção. A frequência de participação em cada sessão foi registrada sistematicamente ao longo da intervenção, permitindo o monitoramento da aderência ao programa de treinamento. Todas as sessões foram acompanhadas por profissionais responsáveis por supervisionar a execução dos exercícios, controlar os intervalos de recuperação e realizar os ajustes de carga necessários durante o período experimental.

Considerando os oito exercícios realizados por sessão, o volume semanal programado correspondeu a 48 séries semanais no G-2S e 72 séries semanais no G-3S, representando um incremento aproximado de 50% no volume de treinamento do grupo G-3S em relação ao G-2S. A carga externa do treinamento foi monitorada por meio do volume total de treinamento (séries $\times$ repetições $\times$ carga), permitindo verificar se a diferença planejada entre os grupos foi efetivamente mantida ao longo da intervenção.

4.5 Hábitos alimentares

Os hábitos alimentares das participantes foram monitorados ao longo da intervenção com o objetivo de verificar possíveis alterações na ingestão energética e de macronutrientes que pudessem influenciar as adaptações induzidas pelo treinamento resistido. A ingestão alimentar foi avaliada por meio de recordatórios alimentares de 24 horas (R24h), conduzidos por dois nutricionistas previamente treinados e experientes na aplicação desse método. Os registros foram obtidos em três dias não consecutivos, compreendendo dois dias da semana (terça-feira e quinta-feira) e um dia do final de semana (sábado), buscando representar de forma mais adequada o padrão alimentar habitual das participantes.

As avaliações foram realizadas em dois momentos da intervenção: nas semanas iniciais (semanas 4 e 5) e nas semanas finais do programa de treinamento (semanas 14 e 15). Durante as entrevistas, as participantes foram orientadas a relatar detalhadamente todos os alimentos e bebidas consumidos nas 24 horas anteriores à avaliação. Para aumentar a precisão das estimativas, foi utilizado um manual fotográfico contendo porções alimentares e medidas caseiras padronizadas. As informações coletadas foram analisadas utilizando o software Avanutri (versão 3.1.0; Avanutri Processor Nutrition, Rio de Janeiro, RJ, Brasil), permitindo a determinação do consumo energético total e da ingestão de macronutrientes, incluindo proteínas, carboidratos e lipídios. Para cada período avaliado, foi calculada a média

dos três registros alimentares, sendo esses valores utilizados nas análises subsequentes. Considerando a reconhecida influência da ingestão proteica sobre as adaptações musculares induzidas pelo treinamento resistido, especial atenção foi direcionada ao monitoramento do consumo diário de proteínas. A ingestão proteica relativa (g/kg/dia) foi utilizada como variável descritiva e potencial fator de confusão na interpretação das adaptações morfológicas observadas.

Durante todo o período experimental, as participantes foram orientadas a manter seus hábitos alimentares habituais e a não realizar mudanças intencionais na dieta, de modo a minimizar possíveis interferências da ingestão alimentar sobre as respostas ao treinamento resistido.

4.6 Tratamento estatístico

Inicialmente, a distribuição dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk, enquanto a homogeneidade das variâncias foi examinada utilizando o teste de Levene. Os dados são apresentados como média $\pm$ desvio-padrão, médias ajustadas e respectivos intervalos de confiança de 95% (IC95%), quando apropriado. As características basais das participantes foram comparadas entre os grupos por meio de testes independentes apropriados, de acordo com a natureza e distribuição das variáveis. As informações referentes à ingestão alimentar foram analisadas utilizando análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, considerando os fatores grupo (G-2S vs. G-3S) e tempo (início vs. final da intervenção).

Para avaliar os efeitos dos diferentes volumes de treinamento sobre a espessura muscular, massa isenta de gordura e osso, força muscular e aptidão funcional, foi empregada análise de covariância (ANCOVA), utilizando os valores pré-intervenção das respectivas variáveis como covariáveis. Esse procedimento foi adotado para minimizar a influência de possíveis diferenças basais entre os grupos e aumentar a precisão das estimativas dos efeitos do treinamento. Dessa forma, foi possível verificar se a magnitude das adaptações observadas diferiu em função do tamanho muscular inicial das participantes e do volume de treinamento realizado. Quando foram identificados efeitos significantes, comparações múltiplas foram realizadas utilizando o ajuste de Bonferroni. A magnitude dos efeitos foi estimada por meio de tamanhos de efeito apropriados e respectivos intervalos de confiança de 95%, permitindo uma interpretação complementar à significância estatística.

Além das análises de covariância, para examinar a associação entre o tamanho muscular basal e a magnitude das adaptações observadas após a intervenção, foram realizadas análises de moderação retrospectivas e exploratórias utilizando a função “PROCESS” no software JASP versão 0.13.1 (University of Amsterdam, Amsterdam, NL).

Para essas análises, o tamanho muscular basal (soma das espessuras musculares das três regiões avaliadas, a saber: BA = espessura muscular do braço anterior; CA = espessura muscular da coxa anterior; CL = espessura muscular da coxa lateral) foi utilizado como variável moderadora, enquanto as alterações (Δ = pós – pré) da espessura muscular, massa isenta de gordura e osso, força muscular e aptidão funcional foram consideradas variáveis dependentes e os diferentes volumes de treino (G-2S e G-3S) como variáveis independentes. Os coeficientes de regressão (β), coeficientes de determinação (R^2) e respectivos intervalos de confiança de 95% foram utilizados para quantificar a contribuição do tamanho muscular basal na explicação da variabilidade das respostas adaptativas induzidas pelo treinamento resistido. Dessa forma, foi possível verificar se a magnitude das adaptações observadas diferiu em função do tamanho muscular inicial das participantes e do volume de treinamento realizado. A Figura 3 apresenta um modelo de exemplo de como foi realizada a análise de moderação no nosso trabalho. O nível de significância adotado para todas as análises foi de $P < 0,05$. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software JASP versão 0.13.1 (University of Amsterdam, Amsterdam, NL).

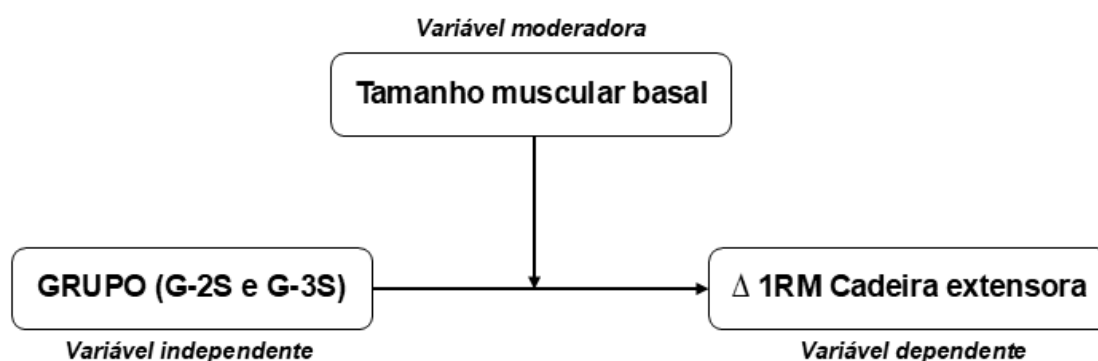


Figura 3. Modelo de moderação simples que detalha a estrutura conceitual para avaliar o efeito moderador entre o tamanho muscular pré-treinamento e as alterações induzidas por diferentes volumes de treinamento resistido. **Nota.** G-2S = grupo que realizou o programa de TR com duas séries por exercício; G-3S = grupo que realizou o programa de TR com três séries por exercício; Δ = (pós – pré intervenção); 1RM = teste de uma repetição máxima.

5. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as características das participantes na linha de base, de acordo com os grupos experimentais (G-2S e G-3S). Não foi observada diferença significativa entre os grupos para nenhuma das variáveis apresentadas ($P > 0,05$).

Tabela 1. Características gerais das participantes na linha de base (n = 120).

Variáveis	G-2S (n = 62)	G-3S (n = 58)	P
Idade (anos)	68,9 ± 5,8 (67,3–70,6)	69,5 ± 5,8 (67,7–71,2)	0,703
Estatuta (cm)	155,9 ± 5,8 (154,2–157,5)	154,7 ± 5,8 (152,9–156,4)	0,246
Massa corporal (kg)	69,3 ± 12,3 (65,6–72,9)	67,6 ± 13,2 (63,8–71,4)	0,527
IMC (kg/m ²)	28,5 ± 4,7 (27,1–29,8)	26,7 ± 4,8 (26,7–29,6)	0,810

Nota. G-2S = grupo que realizou duas séries de 10-15 repetições durante o treinamento resistido, G-3S = grupo que realizou três séries de 10-15 repetições durante o treinamento resistido, IMC = índice de massa corporal. Os dados são apresentados em média, desvio-padrão e intervalo de confiança de 95%.

As informações nutricionais nos momentos pré e pós-treinamento são apresentadas na Tabela 2. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes ($P > 0,05$) na comparação entre os grupos para ingestão energética e de macronutrientes na primeira e última semana de intervenção.

Tabela 2. Ingestão energética e de macronutrientes na primeira e na última semanas de intervenção (n = 120).

Variáveis	G-2S (n = 62)		G-3S (n = 58)		Efeitos		
					<i>P</i>		
	Pré	Pós	Pré	Pós	Grupo	Tempo	Interação
Carboidratos ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)	2,9 ± 1,3	2,7 ± 0,8	3,2 ± 1,2	3,4 ± 0,5	0,119	0,814	0,310
Proteínas ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)	0,9 ± 0,4	0,9 ± 0,3	0,9 ± 0,5	0,9 ± 0,4	0,437	0,222	0,537
Lipídios ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)	0,6 ± 0,3	0,7 ± 0,3	0,7 ± 0,4	0,7 ± 0,4	0,383	0,391	0,779
Energia ($\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)	21,3 ± 7,9	20,3 ± 6,1	22,9 ± 8,7	23,8 ± 3,5	0,122	0,897	0,352

Nota. G-2S = grupo que realizou duas séries de 10-15 repetições durante o treinamento resistido, G-3S = grupo que realizou três séries de 10-15 repetições durante o treinamento resistido. Os dados são apresentados em média e desvio padrão.

Composição corporal

Espessura muscular

Os valores de espessura muscular dos flexores de cotovelo (BA), dos extensores de joelho (CA e CL) e do tamanho muscular total (TM), antes e após o período de treinamento resistido, estão apresentados na Tabela 3. De maneira geral, ambos os grupos apresentaram aumentos na espessura muscular após as 12 semanas de treinamento resistido. Entretanto, as magnitudes das adaptações diferiram entre os grupos para algumas variáveis.

Para a espessura muscular do braço anterior (BA), foi observado aumento significativo apenas no grupo G-3S ($P < 0,01$). Além disso, as alterações observadas foram superiores às verificadas no grupo G-2S, resultando em efeito significativo do grupo ($F = 9,351$; $P < 0,01$). As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: -0,22 cm (95% IC: -0,37, -0,07); tamanho de efeito = -0,55 (95% IC: -0,92, -0,19). As mudanças relativas na espessura muscular do BA em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = -0,1%; G-3S = +8,7%.

Em relação à espessura muscular da coxa anterior (CA), ambos os grupos apresentaram aumentos significativos após a intervenção ($P < 0,01$), sem diferenças entre os volumes de treinamento ($F = 0,002$; $P = 0,96$). As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: -0,01 cm (95% IC: -0,21, 0,20); tamanho de efeito = -0,01 (95% IC: -0,39, 0,37). As mudanças relativas na espessura muscular do CA em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = +10,3%; G-3S = +6,3%.

Para a espessura muscular da coxa lateral (CL), somente o grupo G-3S apresentou aumento significativo em relação aos valores pré-treinamento ($P = 0,04$). No entanto, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos ($F = 1,232$; $P = 0,27$). As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: -0,11 cm (95% IC: -0,31, 0,09); tamanho de efeito = -0,20 (95% IC: -0,56, 0,16). As mudanças relativas na espessura muscular do CL em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = +3,1%; G-3S = +6,2%.

No que se refere ao tamanho muscular total (TM), ambos os grupos apresentaram aumentos significativos após o treinamento resistido ($P < 0,01$). Todavia, o grupo submetido ao maior volume de treinamento (G-3S), quando comparado com o grupo submetido a um menor volume de treinamento (G-2S), apresentou incrementos superiores aos observados no grupo G-2S ($F = 13,301$; $P < 0,01$). As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: -0,35 cm (95% IC: -0,54, -0,16); tamanho de efeito =

-0,68 (95% IC: -1,06, -0,30). As mudanças relativas no TM em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = +4,5%; G-3S = +6,9%

Tabela 3. Valores das variáveis de composição corporal no pré e pós-treinamento, e diferença média intra-grupo com 95% IC[¶].

Variáveis	G-2S (n = 62)			G-3S (n = 58)		
	Pré	Pós	Δ (95% IC)	Pré	Pós	Δ (95% IC)
BA (cm)	2,48 ± 0,34	2,48 ± 0,34	-0,05 (-0,15, 0,05)	2,51 ± 0,39	2,73 ± 0,37* [†]	0,17 (0,07, 0,27)
CA (cm)	2,95 ± 0,62	3,25 ± 0,61*	0,20 (0,06, 0,34)	3,38 ± 0,74	3,60 ± 0,64*	0,21 (0,06, 0,36)
CL (cm)	3,15 ± 0,69	3,24 ± 0,61	0,03 (-0,10, 0,17)	3,23 ± 0,77	3,43 ± 0,74*	0,14 (0,01, 0,29)
TM (cm)	8,59 ± 1,45	8,98 ± 1,35*	0,35 (0,21, 0,48)	9,13 ± 1,66	9,76 ± 1,54* [†]	0,70 (0,56, 0,84)
MIGO (kg)	38,66 ± 5,27	39,08 ± 5,34*	0,43 (0,16, 0,70)	38,66 ± 5,27	39,08 ± 5,34*	0,65 (0,37, 0,93)
MIGO-MS (kg)	4,60 ± 0,77	4,69 ± 0,79*	0,09 (0,02, 0,17)	4,11 ± 0,80 [†]	4,27 ± 0,83*	0,14 (0,07, 0,22)
MIGO-MI (kg)	12,79 ± 2,16	13,11 ± 2,21*	0,31 (0,16, 0,46)	12,72 ± 2,10	12,91 ± 2,10*	0,19 (0,03, 0,34)

Nota. Dados pré e pós-treinamento estão apresentados como média e desvio padrão, enquanto a diferença média intra-grupo como média e 95% IC. IC = intervalo de confiança; G-2S = treinamento resistido realizado com duas series por exercício; G-3S = treinamento resistido realizado com três series por exercício; BA = espessura muscular do braço anterior; CA = espessura muscular da coxa anterior; CL = espessura muscular da coxa lateral; TM = tamanho muscular (soma das três espessuras musculares); MIGO = massa isenta de gordura e osso; MIGO-MS = massa isenta de gordura e osso dos membros superiores; MIGO-MI = massa isenta de gordura e osso dos membros inferiores; * $P < 0,05$ vs. pré; [†] $P < 0,05$ vs. G-2S; [¶] = diferença média intra-grupo e valores de 95% do IC foram determinados utilizando uma ANCOVA entre grupos, com os valores pré-treinamento como covariável.

Massa isenta de gordura e osso (MIGO)

Os valores de massa isenta de gordura e osso total (MIGO), de membros superiores (MIGO-MS) e de membros inferiores (MIGO-MI), antes e após o período de treinamento resistido estão apresentados na Tabela 3. Para todas as variáveis, ambos os grupos apresentaram aumentos na massa isenta de gordura e osso após as 12 semanas de treinamento resistido. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os grupos para nenhum desfecho analisado.

Para a MIGO, foi observado aumento significativo em ambos os grupos ($P < 0,01$). Além disso, não houve diferença significativa entre os grupos ($F = 1,280$; $P = 0,26$). As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: -0,22kg (95% IC: -0,60, 0,16); tamanho de efeito = -0,21 (95% IC: -0,57, 0,16). As mudanças relativas na MIGO em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = +1,0%; G-3S = +1,9%.

Em relação à MIGO-MS, ambos os grupos apresentaram aumentos significativos após a intervenção ($P < 0,01$), sem diferenças entre os volumes de treinamento ($F = 0,828$; $P = 0,36$). As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: -0,05kg (95% IC: -0,15, 0,06); tamanho de efeito = -0,17 (95% IC: -0,55, 0,21). As mudanças relativas na MIGO-MS em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = +2,2%; G-3S = +3,9%.

Para a MIGO-MI, da mesma forma que descrito para as outras variáveis de MIGO, ambos os grupos revelaram um aumento significativo ($P < 0,02$). No entanto, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos ($F = 1,332$; $P = 0,25$). As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: 0,13kg (95% IC: -0,09, 0,34); tamanho de efeito = 0,21 (95% IC: -0,15, 0,58). As mudanças relativas na MIGO-MI em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = +2,5%; G-3S = +1,5%.

Testes de uma repetição máxima (1RM)

Os valores dos testes de uma repetição máxima (1RM) do exercício *chest press*, cadeira extensora, rosca *Scott* e carga total levantada (CTL, somatória entre os três valores de 1RM relatados), antes e após o período de treinamento resistido estão apresentados na Tabela 4. Para todas as variáveis, ambos os grupos apresentaram aumentos nos valores de 1RM após as 12 semanas de treinamento resistido. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os grupos para nenhum exercício analisado.

Para o 1RM no exercício *chest press* (1RM *chest press*), foi observado aumento significativo em ambos os grupos ($P < 0,01$). Além disso, não houve diferença significativa entre os grupos ($F = 1,033$; $P = 0,31$). As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: -5,51kg (95% IC: -7,12, -3,91); tamanho de efeito = -1,51 (95% IC: -1,99, -1,02). As mudanças relativas no 1RM *chest press* em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = +6,2%; G-3S = +21,2%.

Em relação ao valor do teste de 1RM no exercício cadeira extensora (1RM cadeira extensora), ambos os grupos apresentaram aumentos significantes após a intervenção ($P < 0,01$), sem diferenças entre os volumes de treinamento ($F = 0,676$; $P = 0,41$). As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: 2,65kg (95% IC: 0,55, 4,75); tamanho de efeito = 0,48 (95% IC: 0,09, 0,86). As mudanças relativas no 1RM cadeira extensora em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = +16,1%; G-3S = +12,8%.

Para o 1RM no exercício de rosca *Scott* (1RM de rosca *Scott*), ambos os grupos revelaram um aumento significativo ($P < 0,01$). No entanto, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos ($F = 2,926$; $P = 0,09$). As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: -3,25kg (95% IC: -4,62, -1,89); tamanho de efeito = -1,08 (95% IC: -1,56, -0,61). As mudanças relativas no 1RM rosca *Scott* em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = +7,9%; G-3S = +26,2%.

Por fim, para a carga total levantada (CTL), foi possível observar ganhos significativos de força muscular com diferentes volumes de treinamento ($P < 0,01$). Por outro lado, não houve diferença significativa entre os grupos ($F = 0,422$; $P = 0,52$). As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: -7,54kg (95% IC: -10,77, -4,32); tamanho de efeito = -1,00 (95% IC: -1,46, -0,55). As mudanças relativas na CTL em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = +10,6%; G-3S = +18,7%.

Aptidão funcional

Os valores dos testes de aptidão funcional de força de preensão manual, sentar e levantar 30s, *time-up-and-go* (TUG) e caminhada de 6 minutos antes e após o período de treinamento resistido estão apresentados na Tabela 5. De maneira geral, ambos os grupos apresentaram aumentos significantes após as 12 semanas de treinamento resistido. Entretanto, as magnitudes das adaptações diferiram entre os grupos para algumas variáveis, indicando um possível efeito do volume de treinamento sobre o desempenho funcional.

Para a força de preensão manual, foi observado aumento significativo em ambos os grupos ($P < 0,02$). Além disso, não houve diferença significativa entre os grupos ($F = 3,629$;

$P = 0,06$). As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: $-0,71\text{kg}$ (95% IC: $-1,45, 0,03$); tamanho de efeito = $-0,37$ (95% IC: $-0,77, 0,02$). As mudanças relativas na força de preensão manual em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = $+2,6\%$; G-3S = $+5,4\%$.

Em relação ao valor do teste de sentar e levantar 30s, apenas o grupo G-3S apresentou aumento significativo após a intervenção ($P < 0,01$). Além disso, foi possível observar uma diferença significativa entre os volumes de treinamento ($F = 73,150$; $P < 0,01$), favorecendo o G-3S. As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: $-3,00$ repetições (95% IC: $-3,70, -2,31$); tamanho de efeito = $-1,65$ (95% IC: $-2,03, -1,26$). As mudanças relativas no teste de sentar e levantar 30s em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = $-13,2\%$; G-3S = $+7,4\%$.

No que se refere ao teste TUG, apenas o grupo G-3S apresentou aumento significativo após o treinamento resistido ($P < 0,01$). Ademais, o grupo submetido ao maior volume de treinamento (G-3S) apresentou incrementos superiores aos observados no grupo G-2S ($F = 25,175$; $P < 0,01$). As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: $0,42\text{s}$ (95% IC: $0,25, 0,59$); tamanho de efeito = $1,03$ (95% IC: $0,60, 1,46$). As mudanças relativas no teste TUG em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = $+0,4\%$; G-3S = $+7,4\%$.

Por fim, para a caminhada de 6 minutos, foi possível observar ganhos significantes para os diferentes volumes de treinamento ($P < 0,01$). Por outro lado, não houve diferença significativa entre os grupos ($F = 2,098$; $P = 0,15$). As diferenças médias absolutas entre os grupos e os tamanhos de efeito foram os seguintes: $-8,52\text{m}$ (95% IC: $-20,18, 3,14$); tamanho de efeito = $-0,27$ (95% IC: $-0,65, 0,10$). As mudanças relativas na caminhada de 6 minutos em relação ao pré-treinamento foram as seguintes: G-2S = $+3,0\%$; G-3S = $+4,6\%$.

Tabela 4. Valores de 1RM nos exercícios *chest press*, cadeira extensora, rosca *Scott* e carga total levantada no pré e pós-treino, e diferença média intra-grupo com 95% IC[¶].

Variáveis	G-2S (n = 55)			G-3S (n = 58)		
	Pré	Pós	Δ (95% IC)	Pré	Pós	Δ (95% IC)
1RM <i>Chest press</i> (kg)	43,7 ± 7,6	46,1 ± 8,5*	2,4 (1,0, 3,7)	34,7 ± 7,8 [†]	42,4 ± 8,7*	7,9 (6,6, 9,1)
1RM Cadeira extensora (kg)	56,6 ± 14,2	65,7 ± 15,5*	9,2 (7,5, 10,9)	51,4 ± 14,6	58,0 ± 14,9*	6,5 (4,8, 8,2)
1RM Rosca <i>Scott</i> (kg)	31,5 ± 6,5	34,3 ± 6,5*	3,4 (2,3, 4,5)	23,5 ± 5,4 [†]	29,7 ± 6,5*	6,7 (5,6, 7,8)
CTL (kg)	133,0 ± 23,9	147,1 ± 26,4*	13,6 (10,8, 16,3)	109,6 ± 24,2 [†]	130,1 ± 26,2*	21,1 (18,7, 23,6)

Nota. Dados pré e pós-treino estão apresentados como média e desvio padrão, enquanto a diferença média intra-grupo como média e 95% IC. IC = intervalo de confiança; G-2S = treinamento resistido realizado com duas series por exercício; G-3S = treinamento resistido realizado com três series por exercício; 1RM = uma repetição máxima; CTL = carga total levantada (soma dos três valores de 1RM); * $P < 0,05$ vs. pré; [†] $P < 0,05$ vs. G-2S; [¶] = diferença média intra-grupo e valores de 95% do IC foram determinados utilizando uma ANCOVA entre grupos, com os valores pré-treino como covariável.

Tabela 5. Valores dos testes funcionais no pré e pós-treinamento, e diferença media intra-grupo com 95% IC[¶].

Variáveis	G-2S (n = 58)			G-3S (n = 58)		
	Pré	Pós	Δ (95% IC)	Pré	Pós	Δ (95% IC)
Preensão manual (kg)	27,5 ± 5,2	28,2 ± 5,8*	0,7 (0,2, 1,2)	24,8 ± 4,5 [†]	26,1 ± 4,7*	1,4 (0,9, 1,9)
Sentar e levantar 30s (reps)	14,4 ± 2,4	12,5 ± 2,7*	-1,9 (-2,4, -1,4)	13,3 ± 3,4	14,4 ± 3,9* [†]	1,1 (0,6, 1,5)
TUG (s)	6,99 ± 0,81	6,96 ± 0,88	-0,1 (-0,2, 0,1)	7,68 ± 0,86 [†]	7,15 ± 0,78* [†]	-0,5 (-0,6, -0,4)
Caminhada 6-min (m)	505,4 ± 66,8	520,8 ± 64,3*	13,8 (5,6, 22,1)	497,9 ± 53,3	520,9 ± 55,5*	22,4 (14,2, 30,6)

Nota. Dados pré e pós-treinamento estão apresentados como media e desvio padrão, enquanto a diferença media intra-grupo como media e 95% IC. IC = intervalo de confiança; G-2S = treinamento resistido realizado com duas series por exercício; G-3S = treinamento resistido realizado com três series por exercício; TUG = time-up-and-go; * $P < 0,05$ vs. pré; [†] $P < 0,05$ vs. G-2S; ¶ = diferença media intra-grupo e valores de 95% do IC foram determinados utilizando uma ANCOVA entre grupos, com os valores pré-treinamento como covariável.

Moderação do tamanho muscular basal

Os resultados das análises de moderação testando a influência (efeito moderador) do tamanho muscular basal sobre as adaptações hipertróficas, de força máxima e de aptidão funcional estão apresentados na Tabela 6. De maneira geral, não foram observados valores significantes ($P > 0,05$) para a interação entre o volume de treinamento e a massa muscular pré-treinamento na maioria das variáveis analisadas (espessura muscular, massa isenta de gordura e osso, força máxima no supino, rosca *Scott* e carga total levantada e testes de aptidão funcional) após 12 semanas de TR. Entretanto, houve uma exceção para o teste de 1RM na cadeira extensora, apresentando um efeito moderador significativo do tamanho muscular basal, o que indica que a magnitude dos ganhos de força no quadríceps em resposta ao volume de séries foi influenciada pelo tamanho muscular pré-treinamento.

Para o teste de 1RM na cadeira extensora, foi possível observar um efeito moderador significativo do tamanho muscular basal ($\beta = -1,361$; $P = 0,034$), onde o ganho de força no exercício cadeira extensora proporcionado pelo grupo G-3S em relação ao G-2S depende diretamente da quantidade de massa muscular que a idosa possuía antes de começar o programa de TR, sendo possível observar interação grupo*moderador. O coeficiente de regressão (β) é negativo, isso indica que, à medida que a massa muscular basal aumenta, é possível observar uma vantagem em realizar 2 séries, favorecendo ao grupo G-2S. Ao realizar uma análise de *simple slopes* (inclinações simples), foi revelado que o G-2S promoveu maiores aumentos de força na extensora especificamente em idosas com níveis médios ($\beta = -2,809\text{kg}$; $P = 0,004$) e elevados ($\beta = -5,286\text{kg}$; $P < 0,001$) de tamanho muscular basal, ao passo que em idosas com baixa ($\beta = -0,957\text{kg}$; $P = 0,490$) massa muscular basal a variação entre os volumes de treino (G-2S ou G-3S) não diferiu significativamente.

Tabela 6. Estimativas dos coeficientes de regressão para os modelos de moderação simples (tamanho muscular basal).

Variáveis	β	R^2	95% IC	P
<i>Composição corporal</i>				
TM (cm)	0,014	0,174	-0,11, 0,14	0,822
MIGO (kg)	0,135	0,068	-0,11, 0,38	0,274
MIGO-MS (kg)	0,005	0,014	-0,06, 0,07	0,872
MIGO-MI (kg)	0,041	0,016	-0,10, 0,18	0,570
<i>Força muscular</i>				
1RM Chest press (kg)	-0,141	0,370	-1,07, 0,79	0,766
1RM Cadeira extensora (kg)	-1,361	0,145	-2,62, -0,10	0,034
1RM Rosca Scott (kg)	0,320	0,244	-0,46, 1,10	0,420
CTL (kg)	-1,311	0,197	-3,22, 0,59	0,177
<i>Aptidão funcional</i>				
Preensão manual (kg)	0,191	0,039	-0,34, 0,72	0,480
Sentar e levantar 30s (reps)	0,277	0,290	-0,36, 0,92	0,398
TUG (s)	0,055	0,109	-0,20, 0,31	0,678
Caminhada 6-min (m)	7,234	0,018	-13,82, 28,29	0,501

Nota. β = coeficientes de regressão; R^2 = coeficientes de determinação; IC = intervalo de confiança; P = efeito da análise de moderação; TM = tamanho muscular (soma das três espessuras musculares); MIGO = massa isenta de gordura e osso; MIGO-MS = massa isenta de gordura e osso dos membros superiores; MIGO-MI = massa isenta de gordura e osso dos membros inferiores; 1RM = uma repetição máxima; CTL = carga total levantada (soma dos três valores de 1RM); TUG = time-up-and-go.

6. DISCUSSÃO

No presente estudo, comparamos a realização de um programa de TR com duas séries por exercício versus três séries por exercício, além de investigarmos a influência do tamanho muscular basal nas respostas adaptativas sobre a hipertrofia muscular, força muscular e do desempenho funcional. Os principais achados deste estudo foram: (1) os ganhos de massa muscular promovidos por 12 semanas de TR ocorreram em ambos os grupos, porém com maior magnitude na espessura muscular do BA e TM para o grupo G-3S; (2) a magnitude das respostas no que tange à força muscular foi similar entre os grupos, sendo possível observar que ambos os grupos apresentaram valores significantes de ganho de força em todos os exercícios realizados; (3) o grupo G-3S apresentou uma melhoria de desempenho superior ao grupo G-2S nos testes funcionais TUG e sentar e levantar (30s); (4) o tamanho muscular basal não apresentou um efeito moderador na magnitude das respostas das variáveis analisadas, exceto para a força muscular no 1RM da cadeira extensora.

Nossa hipótese de que um maior volume de treinamento (três versus duas séries) promoveria maiores ganhos de massa muscular foi parcialmente confirmada, uma vez que ambos os grupos hipertrofiaram ao longo das 12 semanas de intervenção, porém com uma resposta de maior magnitude no G-3S para a espessura do BA e para a variável tamanho muscular. Esse achado está parcialmente em consonância com o corpo de evidências que aponta para uma relação dose-resposta entre o volume semanal de séries e a magnitude da hipertrofia muscular. Em uma meta-análise de referência sobre o tema, Schoenfeld, Ogborn e Krieger (2017) identificaram um incremento na hipertrofia muscular a cada série semanal adicional, configurando uma relação gradual e positiva entre volume e ganho de massa muscular. De forma semelhante, Krieger (2010), ao comparar diretamente uma série versus múltiplas séries por exercício, verificou que protocolos de múltiplas séries produziram um tamanho de efeito aproximadamente 40% maior do que o de série única para hipertrofia, tanto em indivíduos treinados quanto destreinados. Mais recentemente, a meta-regressão conduzida por Pelland et al. (2026), reunindo 67 estudos e mais de 2.000 participantes, reforçou que o aumento do volume semanal de séries está associado a maiores ganhos de hipertrofia, ainda que com retornos decrescentes à medida que o volume se eleva. Nesse sentido, o desempenho superior do grupo G-3S no presente estudo é coerente com a lógica de que um maior número de séries por sessão amplia o estresse mecânico e metabólico total imposto à musculatura, favorecendo a sinalização anabólica e, conseqüentemente, a magnitude da resposta hipertrófica (SCHOENFELD, 2010).

Por outro lado, vale destacar que essa superioridade do G-3S foi observada de forma específica na espessura muscular do BA e do TM, e não necessariamente em todos os desfechos relacionados à composição corporal. Para as espessuras musculares da CA e da CL, além dos valores de MIGO-MS, MIGO-MI e MIGO total, não observamos diferenças significativas entre os grupos. É importante salientar que a maioria dos estudos citados anteriormente nessas investigações não avaliou indivíduos idosos. Nesse contexto, um estudo recente indicou que, em mulheres idosas, a faixa de repetições implementada parece exercer maior influência sobre os ganhos de massa muscular do que o volume de séries (CAVALCANTE et al., 2023), visto que se constatou maior hipertrofia na faixa de 10 a 15 repetições — idêntica à empregada nesta investigação — do que na faixa de 8 a 12 repetições. Esse padrão dialoga, ainda que parcialmente, com os achados da revisão sistemática com metanálise de Marques et al. (2023), conduzida especificamente com adultos de meia-idade e idosos. Os autores verificaram que múltiplas séries não produziram efeito superior entre os protocolos para a hipertrofia muscular, independentemente da duração do estudo. A relativa discrepância entre esse corpo de evidências e o presente estudo pode residir tanto na especificidade regional da adaptação ao volume de treinamento quanto na sensibilidade do método de avaliação: a espessura muscular mensurada por ultrassonografia permite identificar variações localizadas e de pequena magnitude que podem não ser capturadas por medidas mais globais de massa magra, o que ajudaria a explicar por que, mesmo diante de uma diferença relativamente pequena entre os volumes comparados (duas versus três séries), foi possível detectar uma resposta diferenciada especificamente nos grupamentos musculares do braço.

Nossa hipótese de que os grupos G-2S e G-3S não apresentariam respostas de magnitude diferente para a força dinâmica máxima foi confirmada, uma vez que os aumentos de força foram estatisticamente significativos e de magnitude semelhante entre os dois grupos em todos os exercícios avaliados. Essa expectativa se justificava, entre outros aspectos, pelo fato de que, embora a literatura clássica sobre volume de treinamento sustente a superioridade de múltiplas séries também para os ganhos de força, Krieger (2009), identificou que a realização de duas a três séries por exercício esteve associada a ganhos de força aproximadamente 46% maiores do que uma única série, no qual o efeito dose-dependente no volume de séries nem sempre se replica quando a população estudada é composta por mulheres idosas destreinadas submetidas a um protocolo de treinamento resistido. Nesse sentido, nossos achados corroboram um conjunto consistente de estudos conduzidos especificamente com mulheres idosas: Radaelli et al. (2013), ao comparar um programa de baixo (uma série) e alto volume (três séries) ao longo de seis semanas, não identificaram diferenças relevantes nas adaptações neuromusculares entre os grupos; Ribeiro et al. (2015),

em desenho semelhante ao nosso, com 12 semanas de intervenção, reportaram ganhos de força e de massa muscular similares entre mulheres idosas treinadas com uma ou três séries por sessão; e, mais recentemente, Cunha et al. (2020) confirmaram esse padrão ao demonstrarem que protocolos de série única e de múltiplas séries induziram melhorias comparáveis na força muscular, na massa muscular, na qualidade muscular e no IGF-1 sérico em mulheres idosas ao final de 12 semanas de TR. Uma possível explicação para não ser possível observar diferença entre volumes reside no fato de que mulheres idosas destreinadas dispõem de uma ampla janela de adaptação neuromuscular, de modo que mesmo um volume menor de treinamento já seria suficiente para induzir respostas de força máxima relevantes nessa população, atenuando o efeito diferencial do volume que costuma ser mais evidente em amostras jovens e treinadas (RIBEIRO et al., 2015). Adicionalmente, a diferença absoluta de apenas uma série entre os grupos deste estudo (duas versus três) é consideravelmente menor do que o contraste clássico de uma versus três ou uma versus cinco séries empregado na maior parte dos estudos que sustentam a relação dose-resposta, reforçando a plausibilidade de uma resposta de força equivalente entre os dois protocolos, sobretudo tratando-se de um efeito que, segundo Pelland et al. (2026), apresenta retornos decrescentes mais acentuados do que os observados para a hipertrofia à medida que o volume semanal aumenta.

Nossa hipótese de que os diferentes volumes de treinamento apresentariam adaptações de magnitude semelhante para o desempenho funcional foi parcialmente confirmada, uma vez que ambos os grupos obtiveram respostas similares para os testes de força de preensão manual e caminhada de 6 minutos, sendo possível observar uma melhora significativa nos dois testes para os grupos G-2S e G-3S, sem diferença entre grupos. Todavia, a magnitude das respostas para o desempenho funcional não foi semelhante entre os grupos para todos os testes analisados, uma vez que o grupo G-3S apresentou ganhos superiores ao G-2S nos testes TUG e de sentar e levantar em 30 segundos. Esse achado é particularmente relevante, pois sugere que, mesmo diante de respostas de força dinâmica máxima equivalentes entre os protocolos, a manipulação do volume de treinamento pode impactar de forma diferenciada o desempenho funcional em mulheres idosas destreinadas. Uma possível explicação para essa dissociação está relacionada à natureza dos testes utilizados: tanto o TUG quanto o teste de sentar e levantar em 30 segundos dependem não apenas da capacidade de produção de força máxima, mas também da resistência muscular localizada e da capacidade de repetir contrações submáximas de forma eficiente, capacidades que parecem ser mais sensíveis ao volume total de treinamento do que a força dinâmica máxima propriamente dita (SCHOENFELD et al., 2021). Esse achado diverge, ainda, do que foi reportado por Marques et al. (2023), cuja metanálise concluiu que uma única série por exercício já seria suficiente

para promover melhorias na capacidade funcional de adultos de meia-idade e idosos, sem benefício adicional de protocolos de múltiplas séries.

Essa divergência, tanto em relação à nossa hipótese quanto em relação àquela metanálise, pode ser atribuída a diferenças metodológicas entre os estudos incluídos (heterogeneidade de testes funcionais utilizados, de exercícios prescritos e de tempo de intervenção) e ao fato de que o contraste de volume empregado no presente estudo (duas versus três séries) manteve ambos os grupos dentro de uma faixa de volume já considerada eficaz pela literatura (FRAGALA et al., 2019), de modo que o benefício adicional do G-3S talvez pode ser observado quando os exercícios prescritos no programa de TR compartilham demandas biomecânicas semelhantes às exigidas pelos testes utilizados, o que reforça a especificidade da tarefa como um fator relevante na transferência das adaptações ao TR para o desempenho funcional (KNOWLES et al., 2025). De todo modo, do ponto de vista aplicado, esse resultado reforça a relevância prática de se considerar não apenas os desfechos neuromusculares tradicionais, mas também os testes de desempenho funcional, na prescrição do volume de TR para mulheres idosas, já que estes guardam relação direta com a autonomia física e o risco de quedas nessa população (FRAGALA et al., 2019; IZQUIERDO et al., 2021).

Por fim, ao testarmos se o tamanho muscular basal moderava a relação entre grupo (G-2S vs. G-3S) e a magnitude da resposta ao TR, identificamos uma interação estatisticamente significativa apenas para a força dinâmica máxima na cadeira extensora, indicando que, especificamente para esse exercício, participantes com maior tamanho muscular basal apresentaram menor benefício do volume de treinamento mais elevado (G-3S). Para as demais variáveis analisadas, os demais exercícios de força (e a carga total levantada), a soma das três espessuras musculares e os testes funcionais, a interação entre grupo e tamanho muscular basal não atingiu significância estatística, indicando que, para esses desfechos, o tamanho muscular de partida das participantes não foi determinante para explicar a superioridade adaptativa do G-3S em relação ao G-2S, refutando a nossa hipótese.

Esse padrão de resultados dialoga, ainda que parcialmente, com o que foi recentemente relatado por Hammert et al. (2026), em um dos poucos estudos a testar explicitamente essa questão por meio de análises de moderação. Partindo da premissa de que indivíduos com maior massa muscular basal dispõem de uma "reserva contrátil" mais ampla e, consequentemente, de maior potencial para incrementos específicos de força (BLAZEIVICH et al., 2007 apud HAMMERT et al., 2026), os autores hipotetizaram que participantes com maior espessura muscular pré-treinamento do flexor do cotovelo apresentariam maiores ganhos de força após seis semanas de TR. Contudo, apesar de o treinamento ter promovido

aumentos robustos e estatisticamente significantes de força tanto no braço dominante quanto no não dominante em comparação ao grupo controle, a interação entre ganhos de força e espessura muscular basal não foi significativa em nenhum dos dois modelos avaliados. Curiosamente, os próprios autores especulam que a discrepância entre seus achados e os de Blazeovich et al. (2007) — que relataram associação entre a arquitetura muscular basal do quadríceps e os ganhos de força após o treinamento — poderia estar relacionada ao grupamento muscular avaliado, uma vez que os flexores de cotovelo permitem uma ativação voluntária mais completa durante contrações máximas do que o quadríceps (BEHM et al., 2002 apud HAMMERT et al., 2026; HUCTEAU et al., 2020 apud HAMMERT et al., 2026). Esse raciocínio é coerente com o achado do presente estudo, no qual a moderação do tamanho muscular basal foi identificada justamente no exercício que isola o quadríceps (cadeira extensora), e não nos exercícios voltados a outros grupamentos musculares, sugerindo que a musculatura extensora do joelho pode ser particularmente sensível à influência do tamanho muscular de partida sobre a magnitude da resposta ao volume de treinamento, possivelmente em decorrência de uma capacidade de ativação voluntária menos completa nesse grupamento muscular.

Os resultados encontrados acerca da ausência de moderação para a maioria dos desfechos também converge com o que foi relatado por Nunes et al. (2021) especificamente em mulheres idosas: ao classificarem as participantes como respondedoras e não respondedoras para o ganho de massa muscular esquelética após 12 semanas de TR, os autores não observaram qualquer correlação significativa entre as características basais das participantes e a magnitude da resposta obtida, e mesmo a duplicação do volume de treinamento ao longo de 12 semanas adicionais não foi capaz de converter a maior parte das não respondedoras em respondedoras. Dessa forma, o conjunto de evidências disponível sugere que o tamanho muscular basal exerce, no máximo, uma influência pontual e específica ao grupamento muscular avaliado sobre a resposta diferenciada ao volume de treinamento, não devendo ser interpretado, de forma geral, como um critério relevante para a individualização do volume de TR prescrito a mulheres idosas — com a possível exceção de exercícios voltados à musculatura extensora do joelho, para os quais nossos achados sugerem que o tamanho muscular de partida pode, de fato, modular a magnitude do benefício adicional proporcionado por um maior volume de treinamento.

Nosso estudo apresenta alguns pontos fortes que merecem ser destacados. Os métodos e equipamentos utilizados para avaliar hipertrofia muscular (ultrassonografia), MIGO (DXA) e força muscular (testes de 1RM) são considerados padrão-ouro para a pesquisa científica, principalmente tendo em vista a população idosa. Da mesma forma, a supervisão individualizada das sessões de treinamento contribuiu para garantir a adequada execução

técnica dos exercícios, a progressão de carga e a efetiva realização do volume prescrito por cada grupo. A utilização conjunta de diferentes desfechos (força, hipertrofia muscular e desempenho funcional) também deve ser valorizada, uma vez que permitiu identificar uma dissociação relevante entre esses domínios, que dificilmente seria percebida caso apenas um deles tivesse sido avaliado. Por fim, a investigação da influência do tamanho muscular basal sobre a magnitude das respostas adaptativas representa uma contribuição adicional da presente investigação, uma vez que esse tipo de análise ainda é escasso na literatura voltada especificamente para mulheres idosas.

Por outro lado, algumas limitações do nosso estudo não devem ser desprezadas. O tempo de intervenção de 12 semanas, embora suficiente para promover adaptações relevantes, pode não ter sido longo o bastante para revelar diferenças adicionais entre os volumes de treinamento comparados. Outro fator importante, é a ausência de controle do nível de atividade física habitual, visto que inviabilizou inferências acerca do gasto energético e de suas repercussões sobre o balanço calórico e as adaptações da massa muscular em resposta ao TR. Entretanto, ressalta-se que as participantes receberam recomendações frequentes para preservar sua rotina habitual e não aderir a outros programas de exercício físico ao longo do período experimental. Adicionalmente, a ausência de um grupo controle não permitiu uma comparação direta entre os efeitos da intervenção e a ausência dela. Além disso, a diferença relativamente pequena entre os volumes comparados (duas versus três séries) limita a extrapolação dos nossos achados para contrastes de volume mais amplos, como os tradicionalmente utilizados na literatura (uma versus três ou uma versus cinco séries). Por fim, nossos resultados se restringem à análise de mulheres idosas fisicamente independentes e previamente destreinadas, não devendo ser extrapoladas para outras populações.

Em suma, acreditamos que os achados do presente estudo contribuem para o entendimento de como a manipulação do número de séries por exercício influencia diferentes desfechos adaptativos em mulheres idosas, evidenciando que os efeitos do volume de treinamento não são uniformes. Do ponto da aplicação prática, nossos resultados sugerem que profissionais de Educação Física podem prescrever programas de TR com duas ou três séries por exercício com expectativa semelhante de ganho de força muscular em mulheres idosas destreinadas, mas devem considerar que um volume ligeiramente maior (três séries) parece favorecer tanto a hipertrofia muscular quanto a melhoria do desempenho funcional, variável de extrema importância para promover autonomia física e reduzir o risco de quedas e fraturas. Adicionalmente, o fato de o tamanho muscular basal não moderar, exceto na força dinâmica de membros inferiores, a magnitude das respostas reforça que a prescrição do volume de TR para mulheres idosas não deve ser individualizada com base nesse parâmetro, ao menos com base nas evidências atualmente disponíveis.

7. CONCLUSÃO

Nossos resultados sugerem que 12 semanas de TR com diferentes volumes de treinamento (duas versus três séries por exercício), produzem respostas similares no que tange a força muscular dinâmica, massa isenta de gordura e osso total e segmentada (membros superiores e inferiores) e os testes de desempenho funcional de preensão manual e caminhada de 6 minutos. Por outro lado, para a espessura muscular agregada e os testes de desempenho funcional, o TR realizado com três séries por exercício parece otimizar a resposta adaptativa nessas variáveis. Ademais, exceto para a força muscular máxima na cadeira extensora, o tamanho muscular basal parece não moderar a magnitude das adaptações.

REFERÊNCIAS

AHTIAINEN, J. P. et al. Heterogeneity in resistance training-induced muscle hypertrophy and strength gain in men and women. **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 3, p. 220-229, 2016.

AMARANTE DO NASCIMENTO, M. et al. Familiarization and reliability of on repetition maximum strength testing in older women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 6, p. 1636-1642, 2013.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687–708, 2009.

ANKER, S. D.; MORLEY, J. E.; VON HAEHLING, S. Welcome to the ICD-10 code for sarcopenia. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 7, p. 512-514, 2016.

ANTUNES, M. et al. Volume reduction: which dose is sufficient to retain resistance training adaptations in older women? **International Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 1, p. 68–76, 2022.

BEAUDART, C. et al. Sarcopenia and health-related quality of life: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 14, n. 3, p. 1228–1243, 2023.

BEHM, D. G.; WHITTLE, J.; BUTTON, D.; POWER, K. Intermuscle differences in activation. **Muscle Nerve**. v. 25, n. 2, p. 236-243, 2002.

BLAZEVOICH, A. J.; GILL, N. D.; DEANS, N.; ZHOU, S. Lack of human muscle architectural adaptation after short-term strength training. **Muscle & Nerve**, v. 35, n. 1, p. 78-86, 2007.

BLOOM, D. E. et al. Global population aging: Facts, challenges, and responses. **The Journal of the Economics of Ageing**, v. 4, p. 80-92, 2015.

BORDE, R.; HORTOBÁGYI, T.; GRANACHER, U. Dose-response relationships of resistance training in healthy old adults: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 45, n. 12, p. 1693-1720, 2015.

BOSKEY, A. L.; COLEMAN, R. Aging and bone. **Journal of Dental Research**, v. 89, n. 12, p. 1333-1348, 2010.

CARNEIRO, N. H. et al. Effect of different resistance training frequencies on functional fitness and quality of life in older women. **Clinical Interventions in Aging**, v. 15, p. 1347-1358, 2020.

CARNEIRO, N. H. et al. Effects of resistance training volume on physical fitness in older adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 37, n. 4, p. 810-818, 2023.

CASSILHAS, R. C. et al. High-intensity resistance training improves cognitive and delayed recall performance in healthy elderly complexes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 8, p. 1426-1433, 2007.

CAVALCANTE, E. F. et al. Effects of resistance training volume on body composition and muscle quality in older women. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 104, p. 104820, 2023.

CHENG, X. et al. Global population aging and health system challenges. **The Lancet Public Health**, v. 7, n. 2, p. e100-e101, 2022.

CLARK, B. C.; MANINI, T. M. Functional consequences of sarcopenia and dynapenia in the elderly. **Current opinion in clinical nutrition and metabolic care**, v. 13, n. 3, p. 271-276, 2010.

CLARK, B. C.; MANINI, T. M. What is dinapenia? **Nutrition**, v. 28, n. 5, p. 495-503, 2012.

CONSITT, L. A.; DUDLEY, C.; SAXENA, G. Impact of endurance and resistance training on skeletal muscle glucose metabolism in older adults. **Nutrients**, v. 11, n. 11, p. 2636, 2019.

CRITCHLOW, A. J.; HIAM, D.; WILLIAMS, R.; SCOTT, D.; LAMON, S. The role of estrogen in female skeletal muscle aging: A systematic review. **Maturitas**, v. 178, p. 107844, 2023.

CRUZ-JENTOFT, A. J. et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. **Age and Ageing**, v. 48, n. 1, p. 16-31, 2019.

CUNHA, P. M. et al. The effects of resistance training volume on osteosarcopenic obesity in older women. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 14, p. 1564–1571, 2018.

CUNHA, P. M. et al. Resistance training performed with single-set is sufficient to reduce cardiovascular risk factors in untrained older women: The randomized clinical trial. Active Aging Longitudinal Study. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 81, p. 171–175, 2019.

CUNHA, P. M. et al. Resistance training performed with single and multiple sets induces similar improvements in muscular strength, muscle mass, muscle quality, and IGF-1 in older women: a randomized controlled trial. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 4, p. 1008-1016, 2020.

CURRIER, B. S. et al. American College of Sports Medicine Position Stand. Resistance Training Prescription for Muscle Function, Hypertrophy, and Physical Performance in Healthy Adults: An Overview of Reviews. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 58, n. 4, p. 851-872, 2026.

DAMAS, F.; PHILLIPS, S.; VECHIN, F. C.; UGRINOWITSCH, C. A review of resistance training-induced changes in skeletal muscle protein synthesis and their contribution to hypertrophy. **Sports Medicine**, v. 45, n. 6, p. 801-807, 2015.

DAMAS, F. et al. Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. **The Journal of Physiology**, v. 594, n. 18, p. 5209-5222, 2016.

DE ALENCAR SILVA, B. S. et al. Elastic resistance training improved glycemic homeostasis, strength, and functionality in sarcopenic older adults: a pilot study. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 14, n. 4, p. 1085-1091, 2018.

DE FREITAS, M. C. et al. Effects of linear versus nonperiodized resistance training on isometric force and skeletal muscle mass adaptations in sarcopenic older adults. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 15, n. 2, p. 148-154, 2019.

FAIGENBAUM, A. D. et al. Youth resistance training: updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, p. S60-S79, 2009.

FELL, J.; WILLIAMS, D. The effect of aging on skeletal-muscle recovery from exercise: possible implications for aging athletes. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 16, n. 1, p. 97–115, 2008.

FRAGALA, M. S. et al. Resistance training for older adults: Position statement from the National Strength and Conditioning Association. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 8, p. 2019–2052, 2019.

FYFE, J. J.; BISHOP, D. J.; STEPTO, N. K. Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of training variables. **Sports Medicine**, v. 44, n. 6, p. 743-762, 2014.

HAKKINEN, K. et al. Effects of heavy resistance/power training on maximal strength, muscle morphology, and hormonal response patterns in 60-75-year-old men and women. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 28, n. 2, p. 287-302, 2003.

HAMMERT, W. B. et al. The influence of pre-training muscle size on strength gain: an exploratory analysis. **International Journal of Strength and Conditioning**, v. 6, n. 1, 2026.

HAUN, C. T. et al. Pre-training skeletal muscle fiber size and predominant fiber type best predict hypertrophic responses to 6 weeks of resistance training in previously trained young men. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 297, 2019.

HERDA, T. J. Resistance exercise training and the motor unit. **European Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 9, p. 2019-2035, 2022.

HUBAL, M. J. et al. Variability in Muscle Size and Strength Gain after Unilateral Resistance Training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n. 6, p. 964-972, 2005.

HUCTEAU, E.; JUBEAU, M.; CORNU, C.; CATTAGNI, T. Is there an intermuscular relationship in voluntary activation capacities and contractile kinetics? **European Journal of Applied Physiology**, v. 120, n. 2, p. 513-526, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Projeções da População: Brasil e Unidades da Federação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

IZQUIERDO, M. et al. International Exercise Recommendations in Older Adults (ICFSR): Expert Consensus Guidelines. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, v. 25, n. 5, p. 549-553, 2021.

JAN, M. H. et al. Effect of weight-bearing versus non-weight-bearing exercise on function, walking speed, and position sense in participants with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 89, n. 6, p. 1077-1085, 2008.

KIM, J. et al. Total-body skeletal muscle mass estimation by dual-energy X-ray absorptiometry in children and adults. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 3, p. 1129-1139, 2002.

KIM, P. L.; STARON, R. S.; PHILLIPS, S. M. Fasted-state skeletal muscle protein synthesis after resistance exercise is altered with training. **The Journal of Physiology**, v. 568, n. 1, p. 283-290, 2005.

KNOWLES, K. S. et al. Muscle quality responses to short-term resistance training volume in older adults: an exploratory clinical trial. **Frontiers in Aging**, v. 6, p. 1670709, 2025.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, p. 674-678, 2004.

KRAEMER, W. J. et al. Growth hormone(s), testosterone, insulin-like growth factors, and cortisol: roles and integration for cellular development and growth with exercise. **Frontiers in Endocrinology**, v. 11, p. 33, 2020.

KRIEGER, J. W. Single versus multiple sets of resistance exercise: a meta-regression. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 6, p. 1890-1901, 2009.

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

KRZYSZTOFIK, M. et al. Maximizing muscle hypertrophy: a systematic review of advanced resistance training techniques and methods. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 24, p. 4897, 2019.

LEVEILLE, S. G. et al. Musculoskeletal pain and functional decline in older adults. **Arthritis & Rheumatism**, v. 51, n. 6, p. 949-956, 2004.

LEVINGER, I. et al. Resistance training for older adults with and without chronic disease. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 10, n. 4, p. 220-228, 2007.

LIMA, R. M. et al. Stages of sarcopenia, bone mineral density, and the prevalence of osteoporosis in older women. **Archives of Osteoporosis**, v. 14, n. 1, p. 38, 2019.

LIU, C. J.; LATHAM, N. K. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 3, p. CD002759, 2009.

MANGINE, G. T. et al. Influence of baseline muscle strength and size measures on training adaptations in resistance-trained men. **International Journal of Exercise Science**, v. 11, n. 4, p. 198-213, 2018.

MARQUES, D. L.; NEIVA, H. P.; MARINHO, D. A.; MARQUES, M. C. Manipulating the resistance training volume in middle-aged and older adults: a systematic review with meta-analysis of the effects on muscle strength and size, muscle quality, and functional capacity. **Sports Medicine**, v. 53, n. 2, p. 503-518, 2023.

MONTELEONE, P.; MASCAGNI, G.; GIANNINI, A.; GENAZZANI, A. R.; SIMONCINI, T. Symptoms of menopause — global prevalence, physiology and implications. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 14, n. 4, p. 199–215, 2018.

MONTERO-FERNÁNDEZ, N.; SERRA-REXACH, J. A. Role of exercise on sarcopenia in the elderly. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 49, n. 1, p. 131-143, 2013.

MUDDLE, T. W. D. et al. Effects of fatiguing, submaximal high- versus low-torque isometric exercise on motor unit recruitment and firing behavior. **Physiological Reports**, v. 6, n. 8, e13675, 2018.

NEGARESH, R. et al. Skeletal muscle hypertrophy, insulin-like growth factor 1, myostatin and follistatin in healthy and sarcopenic elderly men: The effect of whole-body resistance training. **International Journal of Preventive Medicine**, v. 10, p. 29, 2019.

NEWMAN, A. B. et al. Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 61, n. 1, p. 72-77, 2006.

NUNES, J. P. et al. Improvements in phase angle are related with muscle quality index after resistance training in older women. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 27, n. 4, p. 515-520, 2019.

NUNES, J. P. et al. Responsiveness to muscle mass gain following 12 and 24 weeks of resistance training in older women. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 33, n. 4, p. 1071-1078, 2021.

NUNES, J. P. et al. What influence does resistance exercise order have on muscular strength gains and muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis. **European Journal of Sport Science**, v. 21, n. 2, p. 149–157, 2021.

PELLAND, J. C. et al. The resistance training dose response: meta-regressions exploring the effects of weekly volume and frequency on muscle hypertrophy and strength gains. **Sports Medicine**, v. 56, n. 2, p. 481-505, 2026.

PERREAULT, K. et al. Sixteen weeks of resistance training decrease plasma heat shock protein 72 (eHSP72) and increase muscle mass without affecting high sensitivity inflammatory markers' levels in sarcopenic men. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 28, n. 2, p. 207-214, 2016.

PETRELLA, J. K. et al. Potent myofiber hypertrophy during resistance training in humans is associated with satellite cell-mediated myonuclear addition: a cluster analysis. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 6, p. 1736-1742, 2008.

PHILIPPE, A. G. et al. Can an eight session multicomponent physical exercise program reduce fall risk and fear of falling among the elderly? **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 14, p. 8262, 2022.

RADAEELLI, R. et al. Low- and high-volume strength training induces similar neuromuscular improvements in muscle quality in elderly women. **Experimental Gerontology**, v. 48, n. 8, p. 710-716, 2013.

RADAEELLI, R. et al. Effects of resistance training volume on physical function, lean body mass and lower-body muscle hypertrophy and strength in older adults: a systematic review and network meta-analysis of 151 randomised trials. **Sports Medicine**, v. 55, n. 1, p. 167-192, 2025.

REYES-FARIAS, M. et al. Visceral adipose tissue expansion and muscle loss in aging: mechanisms and interventions. **Frontiers in Endocrinology**, v. 12, p. 712390, 2021.

RHEA, M. R. et al. A meta-analysis to determine the dose-response relation for strength training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 3, p. 456-464, 2003.

RHODES, E. C. et al. Effects of progressive resistance training on muscle mass, strength, bone mineral density and plasma lipids in elderly men and women. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 55, n. 7, p. M410-M415, 2000.

RIBEIRO, A. S. et al. Resistance training in older women: comparison of single vs. multiple sets on muscle strength and body composition. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 23, n. 1, p. 53-60, 2015.

RIBEIRO, A. S. et al. Resistance training volume promotes muscle hypertrophy and functional capacity in older women. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 6, p. 620-627, 2018.

RIBEIRO, A. S. et al. Multi-set resistance training protocol is more effective than single-set for improving physical fitness in older women. **International Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 10, p. 650-658, 2020.

RIVERA-TORRES, S. et al. Adherence to exercise programs in older adults: Informative Report. **Gerontology and Geriatric Medicine**, v. 5, p. 2333721418823604, 2019.

ROTH, S. M. et al. High volume, heavy-resistance strength training and muscle damage in young and older women. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 88, n. 3, p. 1112-1118, 2000.

SALE, D. G. Neural adaptation to resistance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 20, n. 5, p. S135-S145, 1988.

SALIMANS, L. et al. The effect of resistance exercise on the immune cell function in humans: A systematic review. **Experimental Gerontology**, v. 164, p. 111822, 2022.

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

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

STRAIGHT, C. R. et al. Effect of resistance training on direct and indirect measures of muscle hypertrophy in older adults: a systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 22, p. 1386-1391, 2016.

TANG, J. E. et al. Resistance training alters the response of fed state mixed muscle protein synthesis in young men. **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 294, n. 1, p. R172-R178, 2008.

TEIXEIRA, V. et al. Sarcopenia, dinapenia e aptidão funcional em mulheres idosas. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 14, n. 5, p. 510-521, 2012.

TOMELERI, C. M. et al. Resistance training improves inflammatory level, lipid and glycemic profiles in obese older women: A randomized controlled trial. **Experimental Gerontology**, v. 84, p. 80–87, 2016.

UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. **World Population Prospects 2022: Summary of Results**. New York: United Nations, 2022.

VERDIJK, L. B. et al. Skeletal muscle hypertrophy following resistance training is accompanied by a fiber type-specific increase in satellite cell content in elderly men. **Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 64, n. 3, p. 332-339, 2009.

VILLAREAL, D. T. et al. Aerobic or resistance exercise, or both, in dieting obese older adults. **New England Journal of Medicine**, v. 376, n. 20, p. 1943-1955, 2017.

VISSER, M. et al. Muscle mass, muscle strength, and functional performance in well-functioning older persons: the Health ABC Study. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 48, n. 4, p. 381-390, 2000.

WILKINSON, S. B. et al. Differential effects of resistance and endurance exercise in the fed state on signalling molecule phosphorylation and protein synthesis in human muscle. **The Journal of Physiology**, v. 586, n. 15, p. 3701-3717, 2008.

ZHANG, X. et al. The role of velocity-based training (VBT) in enhancing athletic performance in trained individuals: a meta-analysis of controlled trials. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 15, p. 9252, 2022.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido

**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido Título da pesquisa:
“EFEITOS DO TAMANHO MUSCULAR BASAL E DO VOLUME DE
TREINAMENTO NA ESPESSURA MUSCULAR, FORÇA, MASSA ISENTA
DE GORDURA E OSSO E APTIDÃO FUNCIONAL EM MULHERES IDOSAS
DESTREINADAS”**

Prezada Senhora:

Gostaríamos de convidá-la para participar da pesquisa “Efeitos do tamanho muscular basal e do volume de treinamento na espessura muscular, força, massa isenta de gordura e osso e aptidão funcional em mulheres idosas destreinadas”, a ser realizada no município de Londrina/PR. O objetivo desta pesquisa é analisar os efeitos de dois anos de prática regular e sistematizada de treinamento resistido sobre a força muscular, composição corporal e biomarcadores de risco cardiometabólico em mulheres pós-menopausadas.

Todas as avaliações serão realizadas por profissionais previamente treinados para tal finalidade. A assinatura deste termo permitirá que você participe das seguintes atividades: (1) Programa de treinamento com pesos nas suas diferentes fases acompanhado por profissionais e estudantes de Educação Física; (2) Entrevista afim de avaliar o histórico médico, sintomas de ansiedade e depressão, percepção de qualidade de vida, sono e cognição; (3) Medidas de peso, altura, pressão arterial, frequência cardíaca em repouso, atividade física habitual, comportamento sedentário e sono; (4) Avaliação da composição corporal pelos métodos de impedância bioelétrica e densitometria óssea; (5) Coleta de sangue venoso em jejum de 12 h feita por um técnico capacitado e habilitado para a avaliação de indicadores metabólicos; (6) Avaliação nutricional por meio da aplicação de registros alimentares de três dias; (7) Avaliação da aptidão neuromuscular por meio de testes de uma repetição máxima; (8) Avaliação da capacidade de realizar atividades de vida diária por meio de testes funcionais.

Gostaríamos de esclarecer que a participação é totalmente voluntária. A participante pode recusar-se a participar/desistir a qualquer momento sem sofrer prejuízo algum. As informações serão utilizadas somente para fins de pesquisa e todos os documentos e amostras utilizados serão identificados por um código numérico sem identificação nominal para preservar a identidade da participante. Lembramos que não será cobrada taxa alguma por estas avaliações. Da mesma

forma, não será paga quantia alguma as participantes. Adicionalmente, comprometemo-nos a respeitar as determinações previstas na Lei 10.741 de 2003 – Estatuto do Idoso, que resguardam os direitos e a proteção às pessoas idosas, em especial ao respeito, dignidade e integridade física, emocional, social e afetiva.

Ao final do estudo, comprometemo-nos ainda a retornar com os resultados de todas as avaliações, que serão entregues as participantes. Espera-se com essa pesquisa, proporcionar informações que possam favorecer a melhoria da saúde e qualidade de vida de mulheres idosas por meio da prática de treinamento e associação com aspectos nutricionais, além de possibilitar a melhoria de parâmetros morfológicos, fisiológicos, neuromusculares e metabólicos das participantes. Apesar de considerados mínimos, os possíveis riscos são: desconfortos na coleta sanguínea e cansaço durante os testes físicos. É possível também que alguns grupamentos musculares exigidos nos testes de esforço fiquem doloridos entre 24 e 48 horas após a realização dos mesmos e durante as primeiras semanas de treino.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode contactar o Prof. Dr. Edilson Serpeloni Cyrino, no Laboratório de Metabolismo, Nutrição e Exercício, localizado no Centro de Educação Física e Esporte, da Universidade Estadual de Londrina, pelo telefone (43) 3371-4772 / ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, na Avenida Robert Kock, 60 ou no telefone (43) 3371- 2490. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida, assinada e entregue a você.

Londrina, ____ de ____ de 2022.

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Edilson Serpeloni Cyrino

RG: _____

Eu, (nome por extenso do sujeito de pesquisa), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar voluntariamente da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica):

Londrina, ____ de ____ de 2022.

APÊNDICE D – Modelo do recordatório alimentar de 24 horas

Nome: _____ Data: ____/____/____

Dia da semana do Recordatório: ☐DOM ☐TER ☐QUI Avaliador: _____

REFEIÇÃO E O HORARIO	Alimentos, bebidas e/ou preparações	Quantidades (gramas ou medida caseira)
Café da manhã Horário: _____		
Lanche da manhã Horário: _____		
Almoço Horário: _____		
Lanche tarde Horário: _____		
Jantar Horário: _____		
Ceia Horário: _____		

Suplementos: _____

Água: _____

ANEXO

ANEXO A – Carta de aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
LONDRINA - UEL



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: MODIFICAÇÕES NA FORÇA MUSCULAR, COMPOSIÇÃO CORPORAL, APTIDÃO FUNCIONAL, BIOMARCADORES CARDIOMETABÓLICOS, COGNIÇÃO E PARÂMETROS CARDÍACOS PROMOVIDAS PELO TREINAMENTO RESISTIDO PROGRESSIVO DE LONGA DURAÇÃO EM MULHERES IDOSAS

Pesquisador: EDILSON SERPELONI CYRINO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 85939725.3.0000.5231

Instituição Proponente: CEFE - PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.395.879

Apresentação do Projeto:

Trata-se de uma pesquisa proposta por docente do curso de Educação Física. O presente estudo faz parte do Projeto Longitudinal Envelhecimento Ativo que vem sendo conduzido pelo nosso laboratório desde setembro de 2012, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina. Desse modo, esta investigação foi estruturada como um ensaio clínico aleatorizado, com grupos em paralelo e com a presença de grupo controle. A proposta será analisar as principais respostas adaptativas promovidas ao longo de dois anos de acompanhamento de mulheres idosas submetidas ao treinamento resistido, a partir de um ensaio clínico aleatorizado controlado, com grupos em paralelo. O grupo controle será acompanhado com testes, medidas e avaliações na linha de base e no final do primeiro e segundo ano, enquanto o grupo treinamento, será avaliado a cada seis meses (linha de base, 6, 12, 18 e 24 meses). A amostra será composta por aproximadamente 80 mulheres idosas (> 60 anos) e fisicamente independentes. O programa de treinamento resistido será realizado em três sessões semanais, em dias alternados. A ordem de execução dos exercícios será modificada a cada semestre. Medidas antropométricas, testes de uma repetição máxima (1-RM), medidas de composição corporal (absortometria radiológica de dupla energia, bioimpedância espectral e ultrassonografia) e coletas de sangue para análise do

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

CEP: 86.057-970

UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 7.395.879

comportamento de biomarcadores metabólicos (glicose, triglicérides, colesterol total, HDL-c, LDL-c e proteína C-reativa) e cognição (testes e medidas) serão obtidas nos momentos pré-treinamento, ao final de um e dois anos de prática regular de TR (treinamento resistido). Esperamos que os resultados deste projeto de pesquisa proporcionem subsídios teóricos e práticos para a prescrição de treinamento resistido em mulheres idosas. Além disso, acreditamos que as informações a serem produzidas podem favorecer a melhoria da saúde, qualidade de vida e, consequentemente, a expectativa de vida dessa população, resultando em redução dos gastos consumo de fármacos, no número de consultas médicas e internações associadas ao tratamento de disfunções/doenças metabólicas, cardiovasculares, cognitivas, osteoarticulares e neuromusculares, bastante comuns em idades mais avançadas. Critério de Inclusão: As participantes serão selecionadas por meio de entrevista e anamnese clínica. Os seguintes critérios de inclusão serão adotados: (1) possuir idade igual ou superior a 60 anos; (2) ser fisicamente independente; (3) não possuir limitações cardiovasculares, musculoesqueléticas ou metabólicas que impeçam a prática de exercícios físicos ou a execução de testes motores; (4) não estar em tratamento com reposição hormonal; (5) não estar envolvida com a prática de exercícios físicos mais do que uma vez por semana, ao longo dos seis meses anteriores ao início do estudo. Adicionalmente, as participantes não deverão apresentar nenhum tipo de restrição para a prática de TR documentada por médico cardiologista. Critério de Exclusão: A não realização de todos os exames e testes e a presença inferior a 85% das sessões de treinamento acarretarão em exclusão da participante do estudo ou, ao menos, das análises.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo primário:

Analisar se a prática de TR poderá ou não produzir respostas adaptativas positivas e duradouras sobre a composição corporal, aptidão funcional, cognição, biomarcadores cardiometabólicos e função cardíaca em mulheres idosas acompanhadas por dois anos.

Os objetivos secundários:

Verificar as possíveis modificações em fatores de risco cardiometabólico, de acordo com os diferentes pontos de corte estabelecidos para categorização dessas variáveis;
Investigar possíveis alterações no comportamento dos parâmetros de cognição;

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-970

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 7.395.879

Analisar o comportamento de parâmetros cardíacos morfofuncionais ao longo da intervenção e sua repercussão de acordo com a idade;

Verificar as possíveis modificações na aptidão funcional (força muscular, velocidade de marcha, potência e resistência de membros inferiores, agilidade e resistência aeróbia);

Identificar mudanças na massa muscular, espessura muscular, tecido adiposo e ósseo e hidratação corporal e sua relação com as mudanças funcionais.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Apesar de considerados mínimos, os possíveis riscos são: desconfortos na coleta sanguínea e cansaço durante os testes físicos. É possível também que alguns grupamentos musculares exigidos nos testes de esforço fiquem doloridos entre 24 e 48 horas após a realização dos mesmos e durante as primeiras semanas de treino. Por fim, o pesquisador responsável irá amparar as participantes da pesquisa sempre que necessário sem onerar o sistema público de saúde.

Benefícios: Espera-se com essa pesquisa, proporcionar informações que possam favorecer a melhoria da saúde e qualidade de vida de mulheres idosas por meio da prática de treinamento e associação com aspectos nutricionais, além de possibilitar a melhoria de parâmetros neuromusculares, morfológicos, fisiológicos, metabólicos, cognitivos e comportamentais das participantes.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante para a área de conhecimento.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Folha de rosto assinada e carimbada pela coordenação do programa de pós graduação.

Cronograma apresentado está adequado, coleta de dados a partir de 17/03/2025 a 27/03/2026.

Orçamento e financiamento próprio com valor de R\$400,00 em materiais de escritório.

TCLE: Está na forma de convite, a linguagem está acessível, os benefícios e riscos da pesquisa estão expostos.

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

CEP: 86.057-970

E-mail: cep268@uel.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 7.395.879

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências

Considerações Finais a critério do CEP:

Prezado(a) Pesquisador(a),

Este é seu parecer final de aprovação, vinculado ao Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina. É sua responsabilidade apresenta-Lo aos órgãos e/ou instituições pertinentes.

Ressaltamos, para início da pesquisa, as seguintes atribuições do pesquisador, conforme Resolução CNS 466/2012 e 510/2016:

A responsabilidade do pesquisador é indelegável e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais, cabendo-lhe:

- conduzir o processo de Consentimento e de Assentimento Livre e Esclarecido;
- apresentar dados solicitados pelo sistema CEP/CONEP a qualquer momento;
- desenvolver o projeto conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança ou interrupção;
- elaborar e apresentar os relatórios parciais e final;
- manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa;
- encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores e pessoal técnico integrante do projeto;
- justificar fundamentadamente, perante o sistema CEP/CONEP, interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

Coordenação CEP/UEL.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2489511.pdf	14/02/2025 07:08:16		Aceito
Outros	Carta_resposta_CEP.pdf	14/02/2025 07:07:17	Paolo Marcello da Cunha Fabro	Aceito
Brochura Pesquisa	Projeto_pesquisa_v2.doc	14/02/2025	Paolo Marcello da	Aceito

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-970

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 7.395.879

Brochura Pesquisa	Projeto_pesquisa_v2.doc	07:03:01	Cunha Fabro	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_pesquisa_brochura.pdf	14/02/2025 07:02:27	Paolo Marcello da Cunha Fabro	Aceito
Orçamento	Orcamento_v2.docx	14/02/2025 07:02:09	Paolo Marcello da Cunha Fabro	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	_TCLE_v2.docx	14/02/2025 07:00:53	Paolo Marcello da Cunha Fabro	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_assinada.pdf	23/01/2025 14:20:54	EDILSON SERPELONI CYRINO	Aceito
Cronograma	Cronograma.docx	23/01/2025 10:22:05	EDILSON SERPELONI CYRINO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

LONDRINA, 19 de Fevereiro de 2025

Assinado por:

Alessandra Lourenço Cecchini Armani
(Coordenador(a))

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-970

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br