

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Denys Batista Campos

A respiração do Pilates afeta a eficiência neuromuscular do bíceps braquial durante a contração submáxima? Um ensaio clínico randomizado.

Juiz de Fora
2025

Denys Batista Campos

A respiração do Pilates afeta a eficiência neuromuscular do bíceps braquial durante a contração submáxima? Um ensaio clínico randomizado.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação física. Área de concentração: Exercício e esporte.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Wesley Carvalho Barbosa

Juiz de Fora

2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Batista Campos, Denys.

A respiração do Pilates afeta a eficiência neuromuscular do bíceps braquial durante a contração submáxima? : Um ensaio clínico randomizado. / Denys Batista Campos. -- 2025.

42 p. : il.

Orientador: Alexandre Wesley Carvalho Barbosa

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Universidade Federal de Viçosa, Instituto de Ciências da Vida - ICV. Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2025.

1. respiração. 2. neuromuscular. 3. método Pilates. I. Wesley Carvalho Barbosa, Alexandre , orient. II. Título.

Denys Batista Campos

A respiração do Pilates afeta a eficiência neuromuscular do bíceps braquial durante a contração submáxima? Um ensaio clínico randomizado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Física. Área de concentração: Exercício e Esporte

Aprovada em 16 de junho de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexandre Wesley Carvalho Barbosa - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Fabio Yuzo Nakamura

Universidade da Maia - Portugal

Prof. Dr. Osvaldo Costa Moreira

Universidade Federal de Viçosa

Juiz de Fora, 19/05/2025.



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Wesley Carvalho Barbosa, Professor(a)**, em 17/06/2025, às 09:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Osvaldo Costa Moreira, Usuário Externo**, em 17/06/2025, às 10:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fábio Yuzo Nakamura, Usuário Externo**, em 23/06/2025, às 12:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Uffj (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2404816** e o código CRC **709B1231**.

Dedico este trabalho aos meus orientadores e colegas do grupo de pesquisa que me inspiram e me auxiliaram na realização desde projeto.

RESUMO

Introdução: O Método de Exercício Pilates (MEP) é amplamente reconhecido como uma abordagem integrativa para o condicionamento físico que enfatiza o controle muscular, a postura e a respiração. Juntos, esses elementos trabalham para melhorar a força, a flexibilidade, a coordenação neuromuscular e a consciência corporal geral.

Objetivo: Este estudo avaliou como a respiração do Pilates influencia a eficiência neuromuscular do músculo bíceps braquial durante flexões submáximas do cotovelo em comparação com a respiração regular. **Materiais e Métodos:** Cinquenta e oito adultos saudáveis sem experiência prévia com o MEP realizaram contrações concêntricas e excêntricas de flexão do cotovelo em 20%, 40% e 60% de sua contração isométrica voluntária máxima sob duas condições respiratórias: a técnica de respiração do método Pilates (executando movimentos exclusivamente durante a expiração) e padrões respiratórios normais. A atividade muscular foi medida por meio de eletromiografia de superfície, com eficiência neuromuscular quantificada como a relação entre a atividade elétrica muscular e a produção de força. **Resultados:** Os resultados revelaram uma melhora significativa da eficiência neuromuscular durante a respiração do Pilates em todos os níveis de intensidade testados, com o aumento mais substancial observado em 60% do esforço máximo. A fase excêntrica de movimento demonstrou maiores ganhos de eficiência em comparação com a fase concêntrica. Esses achados indicam que o padrão respiratório distinto usado no Pilates pode melhorar independentemente o desempenho neuromuscular no bíceps braquial. **Conclusão:** O estudo sugere que a incorporação de técnicas de respiração do Pilates pode ser benéfica em programas de reabilitação e regimes de treinamento de força para otimizar a função muscular e a eficiência do movimento. Pesquisas adicionais são recomendadas para examinar os efeitos a longo prazo e aplicações práticas em ambientes clínicos e atléticos.

Palavras-chave: respiração; neuromuscular; bíceps braquial; método Pilates.

ABSTRACT

Introduction: The Pilates Method of Exercise is widely recognized as an integrative approach for physical conditioning that emphasizes muscle control, posture, and breathing. Together, these elements work to improve strength, flexibility, neuromuscular coordination, and overall body awareness. **Objective:** This study evaluated how Pilates breathing influences the neuromuscular efficiency of the biceps brachii muscle during submaximal elbow flexions in comparison to regular breathing. **Materials and Methods:** Fifty-eight healthy adults without prior experience with the Pilates Method of Exercise performed concentric and eccentric elbow contractions at 20%, 40%, and 60% of their maximal voluntary isometric contraction under two breathing conditions: the specialized Pilates breathing pattern (executing movements exclusively during expiration) and normal breathing patterns. Muscle activity was measured using surface electromyography, with neuromuscular efficiency quantified as the relationship between muscle electrical activity and force production. **Results:** The results revealed significantly improved neuromuscular efficiency during Pilates breathing at all tested intensity levels, with the most substantial enhancement observed at 60% of maximal effort. The eccentric phase of movement demonstrated greater efficiency gains compared to the concentric phase. These findings indicate that the distinct breathing pattern used in Pilates can independently enhance neuromuscular performance in the biceps brachii. **Conclusion:** The study suggests that incorporating Pilates breathing techniques could be beneficial in rehabilitation programs and strength training regimens to optimize muscle function and movement efficiency. Additional research is recommended to examine long-term effects and practical applications in clinical and athletic settings.

Keywords: breathing; neuromuscular; biceps brachii; method Pilates.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Fluxograma da seleção de participantes	19
Figura 2	- A: Local recomendado pelo SENIAM para a colocação dos eletrodos no músculo bíceps braquial. B: Eletrodos posicionados no ventre muscular, alinhados paralelamente às fibras musculares.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Características dos participantes.....	18
Tabela 2	– Comparação do índice de eficiência neuromuscular (EMGs%/kgf) considerando os efeitos das técnicas de respiração regular e Pilates durante as fases concêntrica (CONC) e excêntrica (EXC) do músculo bíceps braquial direito e esquerdo com carga de 20%, 40% e 60% considerando a contração isométrica voluntária máxima (CIVM). Dados descritivos em mediana (mínimo; máximo).....	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIVM	Contração isométrica voluntária máxima
CONC	Concêntrico
DP	Desvio padrão
EMGs	Eletromiografia de superfície
EXC	Excêntrico
IEN	Índice de eficiência neuromuscular
IMC	Índice de massa corporal
KgF	Quilograma/força
MEP	Método de exercícios Pilates
RH	Respiração habitual
TE	Tamanho de efeito
TRMP	Técnica de respiração do método Pilates

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	MÉTODOS.....	17
2.1	Participantes.....	17
2.2	Registro de dados	18
2.3	Procedimentos de exercício	20
2.4	Protocolo experimental.....	21
2.5	Extração de dados.....	21
2.6	Análise de dados.....	22
3	RESULTADOS.....	23
4	DISCUSSÃO.....	25
5	CONCLUSÃO	29
	REFERÊNCIAS	31
	APÊNDICE A - ARTIGO ORIGINAL PUBLICADO EM PERIÓDICO.....	35
	ANEXO A -TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO. 36	
	ANEXO B - APROVAÇÃO COMITE ETICA E PESQUISA.....	39

1 INTRODUÇÃO

O Método de Exercício Pilates (MEP) é amplamente reconhecido como uma abordagem integrativa para o condicionamento físico que enfatiza o controle muscular, a postura e a respiração (Wells et al., 2012). Juntos, esses elementos trabalham para melhorar a força, a flexibilidade, a coordenação neuromuscular e a consciência corporal geral (Pereira et al., 2022). Originado no início do século XX o MEP foi desenvolvido como uma prática de reabilitação para melhorar a função física, mas tornou-se mundialmente conhecido por sua aplicação em condicionamento físico, terapia e treinamento atlético (Pereira et al., 2024; Pucci; Neves; Saavedra, 2019). O MEP pode ser praticado em equipamentos especializados, como o Reformer ou o Cadillac, ou mesmo durante exercícios no chão com tatame, oferecendo versatilidade em diversas populações e ambientes (Byrnes et al., 2018; Silva et al., 2009).

Joseph Pilates estabeleceu seis princípios fundamentais que norteiam seu método: centralização, concentração, controle, precisão, respiração e fluidez. A centralização refere-se ao fortalecimento do centro de força do corpo, também conhecido como "*powerhouse*", que inclui os músculos abdominais, lombares, glúteos e da região pélvica. Segundo Pilates, todos os movimentos devem partir desse centro para garantir estabilidade e equilíbrio. A concentração é essencial para manter o foco total durante os exercícios, promovendo a conexão entre mente e corpo. O controle, por sua vez, está relacionado à execução consciente e intencional de cada movimento, evitando automatismos ou compensações. Já a precisão enfatiza a importância de realizar os exercícios com exatidão, priorizando a qualidade sobre a quantidade de repetições. A respiração adequada, profunda e coordenada com os movimentos, é outro pilar do método, uma vez que contribui para a oxigenação dos músculos e para a manutenção do ritmo. Por fim, a fluidez diz respeito à realização contínua e harmônica dos movimentos, sem interrupções bruscas, refletindo equilíbrio, controle e eficiência motora (Latey. 2001). Esses princípios, integrados, formam a base do MEP e promovem não apenas condicionamento físico, mas também consciência corporal e bem-estar geral, e um papel crucial não apenas na estabilização do core, mas também na modulação da atividade neuromuscular (Pereira et al., 2022). Estudos incluídos em uma revisão sistemática indicam que a prática do Pilates melhora as condições de saúde dos indivíduos da terceira idade,

promovendo aumento de equilíbrio, força muscular, flexibilidade, autonomia funcional, resistência muscular, composição corporal e resistência aeróbia (Pucci et al., 2019).

A técnica de respiração do método Pilates (TRMP) consiste na realização de contrações musculares durante a fase expiratória da respiração (Wells et al., 2012) e pode ser acompanhada pela técnica de centralização que consiste em realizar uma contração isométrica e ou isotônica dos músculos estabilizadores da coluna, combinada a respiração diafragmática e costal, promovendo uma expansão torácica (Campos et al., 2018). Essa abordagem única da respiração tem sido associada à melhora da estabilidade dos músculos do core e da excitação muscular, particularmente nos músculos estabilizadores profundos, como o transverso do abdômen, multifídeos lombar e dos músculos do assoalho pélvico (Barbosa et al., 2015; Kawabata; Shima, 2023).

A eletromiografia de superfície (EMGs) tem sido uma importante ferramenta na pesquisa para avaliar a atividade neuromuscular durante a execução de movimentos, permitindo a análise da excitação muscular em diferentes condições (De Luca; Contessa, 2015). No contexto do MEP, a EMGs tem sido utilizada para investigar como os princípios do método, especialmente centralização e a respiração, influenciam o recrutamento de unidades motoras e a coordenação (Marques et al., 2013; Siedlecki et al., 2022). Um estudo realizado com mulheres praticantes do MEP observou que os valores da excitação muscular nos extensores lombares variaram entre 15% e 61% da contração isométrica voluntária máxima de cada participante para os três tipos de exercícios de Pilates no solo que foram propostos no estudo (Menacho et al., 2010).

Estudos demonstram que a TRMP, ao integrar contrações musculares sincronizadas com a expiração, pode modular a ativação elétrica de músculos estabilizadores e periféricos, como o bíceps braquial (Barbosa et al., 2015; Benitez et al., 2023). E essa relação sugere que o padrão respiratório do Pilates não apenas otimiza a função do core, mas também pode afetar a eficiência neuromuscular em músculos distais, devido à conexão entre estabilização central e controle motor periférico (Barbosa et al., 2017).

No MEP, a combinação entre respiração diafragmática e contração muscular pode promover um recrutamento mais seletivo de unidades motoras, reduzindo a excitação desnecessária e melhorando a eficiência muscular (Panhan et al., 2023). A EMGs permite quantificar essa eficiência por meio da relação entre o sinal elétrico

captado e a força gerada, fornecendo uma boa estimativa da função muscular, sendo sensível a variações induzidas por técnicas respiratórias (Panhan et al., 2018). Dessa forma, estudos da excitação de grupos musculares sob diferentes padrões respiratórios podem elucidar mecanismos de adaptação neuromuscular, conectando-se diretamente aos estudos prévios que associam a respiração à otimização do controle motor (Marés et al., 2012; Silva et al., 2009).

A nível fisiológico, as evidências indicam que o Pilates induz adaptações no sistema nervoso central que otimizam o controle motor, facilitando padrões de movimento mais eficientes (Russo et al., 2017). Estudos já demonstraram como a combinação do Pilates com o treinamento muscular inspiratório promoveu aumentos robustos na pressão inspiratória máxima e pressão expiratória máxima, além de melhorar a capacidade aeróbica que foi avaliada pelo teste de caminhada de 6 minutos e a resistência muscular abdominal (Alvarenga et al., 2018; Oh et al., 2020; Siedlecki et al., 2022). Esses resultados sugerem que a ênfase na respiração coordenada durante os exercícios de Pilates fortalece a musculatura respiratória, amplia a mobilidade toraco abdominal e potencializa a oxigenação tecidual. A TRMP ao sincronizar contrações musculares com a expiração, também modula a ativação elétrica de músculos estabilizadores e periféricos, como demonstrado por análises de eletromiografia (Carvalho Barbosa et al., 2013). Essa sinergia entre respiração e movimento não apenas melhora a estabilidade do core, mas também reflete adaptações neuromusculares que otimizam o controle motor e reduzem o custo energético durante atividades funcionais. (Alvarenga et al., 2018).

Biomecanicamente, a eficiência neuromuscular é determinada pela relação entre o estímulo neural e a capacidade de geração de força de um músculo resultando em um índice de eficiência neuromuscular (IEN) (De Luca; Contessa, 2015). Essa eficiência é entendida como a capacidade de um indivíduo produzir força em relação ao seu nível de excitação muscular, que pode ser avaliada por meio da eletromiografia (Campos et al., 2021; Panhan et al., 2018).

Estudos associaram a eletromiografia ao MEP e procuraram explicar como os princípios do Pilates melhoram a eficiência dos grupos musculares com base em níveis mais elevados de atividade elétrica, ou seja, quando os músculos estavam mais ativados (abdominais, extensores da coluna vertebral e músculos posturais em geral), houve melhora no desempenho final da tarefa estudada (Byrnes et al., 2018; Carvalho Barbosa et al., 2013; Silva et al., 2009).

Diante desse contexto, a integração da respiração e da centralização durante o MEP tem implicações significativas para a excitação e o desempenho muscular. O IEN é um parâmetro particularmente relevante no treinamento resistido e na reabilitação, pois quantifica a otimização do recrutamento de unidades motoras e do padrão de disparos (Aragão et al., 2015). Pode-se inferir logicamente que, à medida que o músculo se fortalece durante um treinamento, as fibras envolvidas se tornam mais eficazes na produção de força (Hughes et al., 2018; Villanueva-Guerrero et al., 2024). Nesse caso, menos unidades motoras precisam ser recrutadas ou as mesmas unidades motoras podem ser disparadas em frequências de estimulação mais lentas para produzir o mesmo nível de tensão isométrica ou em exercícios dinâmicos. Ambos os fatores provavelmente são operacionais e resultam em níveis mais baixos de atividade elétrica integrada (Aragão et al., 2015).

A função muscular eficiente, evidenciada pela amplitude eletromiográfica reduzida durante tarefas de alta força, é indicativa de um sistema neuromuscular adaptativo capaz de realizar tarefas com custo energético mínimo (Campos et al., 2021). Além disso, os princípios do treinamento resistido ressaltam a importância do aumento gradual da carga mecânica para estimular as adaptações neuromusculares, esse conceito se alinha com os objetivos do treinamento Pilates, que muitas vezes incorpora resistência progressiva com uso de molas ou peso corporal (Panhan et al., 2023).

Pesquisas sobre a eficiência neuromuscular durante as ações musculares concêntricas e excêntricas revelam padrões distintos, pois exercícios excêntricos demonstram excitação muscular significativamente menor em comparação com exercícios concêntricos (Benitez et al., 2023; Cardoso et al., 2018). Em estudos com o bíceps braquial, durante as fases concêntrica e excêntrica, foi registrada maior atividade eletromiográfica quando a TRMP associada à centralização foi empregada em comparação com as técnicas regulares de respiração. Esses achados sugerem que a excitação coordenada dos músculos respiratórios e centrais pode aumentar a excitabilidade e o desempenho dos músculos distais (Barbosa et al., 2015).

Apesar dos avanços na compreensão dos efeitos do MEP, faltam estudos que isolem o impacto da TRMP na eficiência neuromuscular em diferentes cargas e fases de movimento (concêntrica/excêntrica). Além disso, não está claro como a TRMP modula a relação entre excitação elétrica e produção de força em membros superiores (Kawabata; Shima, 2023).

Apesar do crescente interesse nos efeitos biomecânicos e neuromusculares da MEP, muitos aspectos de seus mecanismos permanecem pouco explorados, pouco se sabe sobre como sua técnica respiratória influencia a eficiência neuromuscular (Barbosa et al., 2017). Esta lacuna limita a otimização do método para treinamento e reabilitação. Especificamente, a contribuição isolada da TRMP em tarefas que exigem coordenação dos membros superiores. Além disso, a interação entre carga e técnicas de respiração na indução de respostas neuromusculares merece uma investigação mais aprofundada. Portanto, o presente estudo tem como objetivo analisar os efeitos da TRMP sobre a eficiência neuromuscular durante as fases concêntrica e excêntrica do bíceps braquial em diferentes níveis de carga. Ao comparar a TRMP com a respiração regular, esta pesquisa busca elucidar o papel das técnicas de respiração na eficiência neuromuscular.

Essas descobertas têm o potencial de informar práticas baseadas em evidências em reabilitação, treinamento de força e aprimoramento de desempenho. Os resultados podem esclarecer como técnicas respiratórias influenciam o controle motor periférico. Além disso, a combinação de EMGs e protocolos de carga diferenciados oferecem uma abordagem inovadora para entender a adaptação neuromuscular no MEP.

Objetivo primário: Comparar o efeito de duas técnicas respiratória na eficiência neuromuscular do bíceps braquial em 3 percentis de cargas submáximas.

Objetivo secundário: Comparar o efeito do lado dominante do bíceps braquial na eficiência neuromuscular em 3 percentis de cargas submáximas.

2 MÉTODOS

O cálculo amostral bicaudal a priori foi baseado em um estudo anterior, considerando o tamanho do efeito de 0,48, o nível alfa de 5% e um poder de 95%, retornando um total de 32 participantes (Carvalho Barbosa et al., 2013).

2.1 Participantes

Um total de cinquenta e oito adultos saudáveis de ambos os sexos (18-30 anos) participaram do presente estudo. Os participantes foram recrutados por contatos pessoais e convite público por meio de folders no período de dez/2023 a fev./2024. As características dos participantes são apresentadas na Tabela 1 .

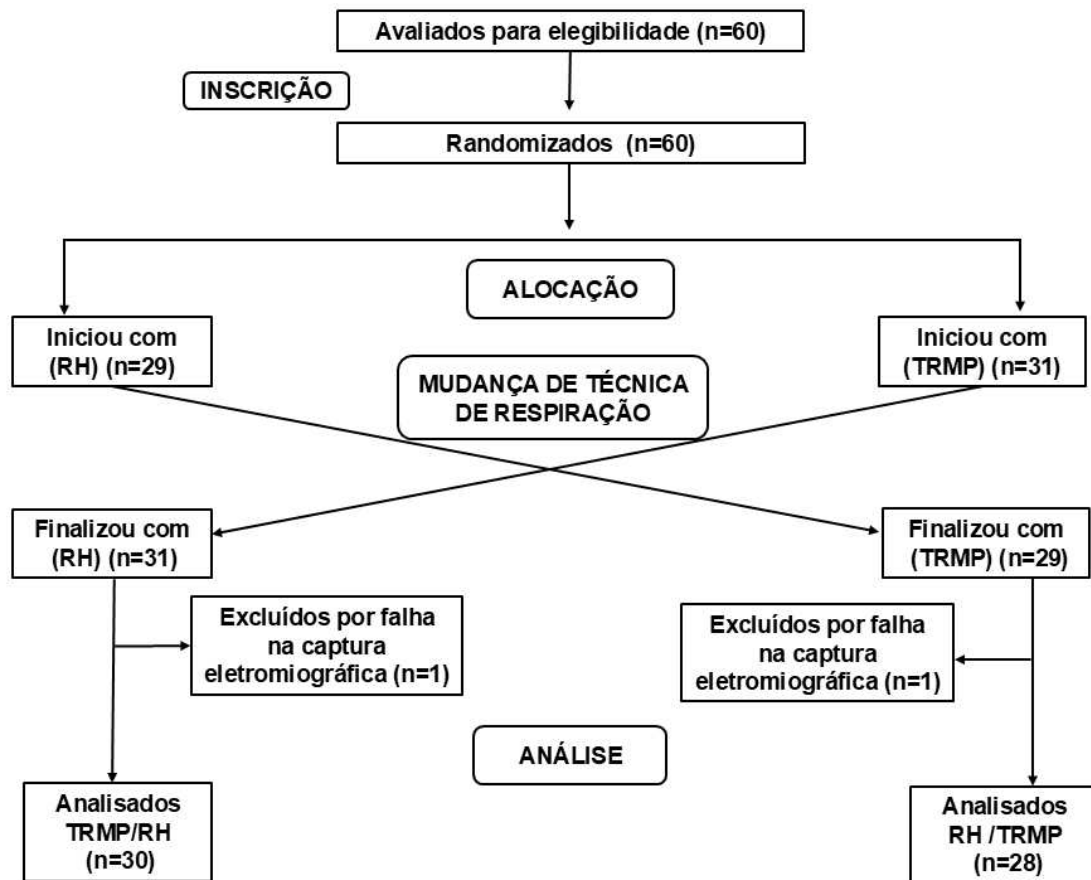
Tabela 1 – Características dos participantes.

					<i>P</i> Homens vs Mulheres
		Homens	Mulheres	Total	
	n (%)	20 (32.1%)	38 (67.8%)	58 (100%)	0.008*
Idade (anos)	média ± DP	23,20 ± 2,62	22,6 ± 2,64	22,8 ± 2,62	0.47
Peso (kg)	média ± DP	81,0 ± 10,2	63,3 ± 10,3	69,0 ± 13,2	0.07
Altura (m)	média ± DP	1,76 ± 0,11	1,63 ± 0,05	1,67 ± 0,09	0.04*
IMC	média ± DP	26,4 ± 4,11	23,7 ± 3,47	24,6 ± 3,88	0.60

Fonte: Elaborado pelo autor. (2025)
Legendas: IMC = Índice de massa corporal; DP = Desvio padrão

Considerando uma perda amostral de 30%, seriam necessários 44 participantes para atingir o poder amostral. No entanto, devido a um alto interesse pelo estudo 60 participantes foram selecionados e os dados de cinquenta e oito foram analisados, como mostra a Figura 1. Os critérios de inclusão foram ter entre 18 e 30 anos, nunca ter praticado o MEP. Como critérios de exclusão, os participantes não deveriam ter histórico de distúrbios ortopédicos e neurológicos graves, doença cardiovascular e cirurgia de membros superiores. Este ensaio clínico randomizado foi conduzido de acordo com a Declaração de Helsinque. O Comitê de Ética da Universidade Federal de Juiz de Fora (número 66768023.1.0000.5147) em 05 de Maio de 2023 aprovou todos os procedimentos empregados no presente estudo. O ensaio foi registrado no registro brasileiro de ensaios clínicos em 08 de Maio de 2024 (número RBR-5q5g4s6). Todos os participantes deram seu consentimento informado por escrito antes da participação.

Figura 1 – Fluxograma da seleção de participantes



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

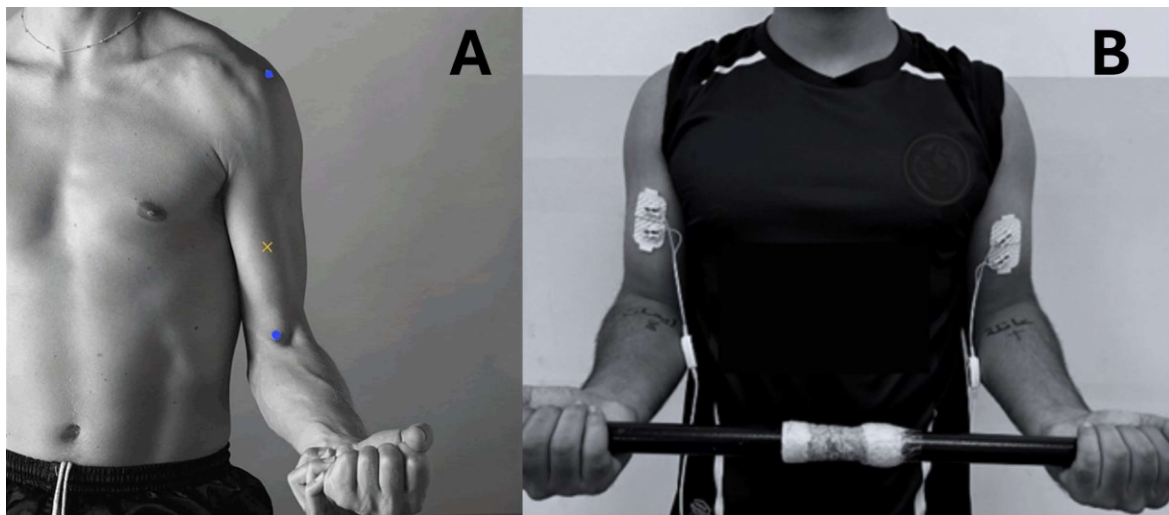
Legendas: TRPM: Técnica de Respiração do Método Pilates; RH: Respiração habitual.

2.2 Registro de dados

A excitação muscular foi medida usando um módulo de aquisição de sinal biológico com oito canais analógicos (Miotec™ Biomedical Equipment, Porto Alegre, RS, Brasil). A conversão de sinais analógicos para digitais foi realizada por uma placa A/D com faixa de entrada de resolução de 16 bits, frequência de amostragem de 2 kHz, módulo de rejeição comum maior que 100 dB, relação sinal/ruído menor que 03 μ V RMS e impedância de 109 Ω . Os sinais eletromiográficos (EMGs) foram registrados pela raiz quadrada média (RMS) em μ V e a frequência média em Hz com eletrodos de superfície (20 mm de diâmetro e distância centro a centro de 20 mm). Antes da fixação dos eletrodos, foi realizada tricotomia e limpeza da pele com álcool 70%. Os músculos analisados pela EMGs foram os seguintes: cabeça longa do bíceps braquial dos membros superiores direito e esquerdo. Eletrodos autoadesivos de

superfície foram fixados no ventre muscular e posicionados paralelamente às fibras musculares, conforme mostrado na Figura 2, de acordo com as técnicas descritas nas diretrizes da EMGs para Avaliação Muscular Não Invasiva (SENIAM). Os voluntários estavam em pé com o cotovelo flexionado a 90° em ângulo reto e o dorso do antebraço horizontalmente para baixo. Os eletrodos foram posicionados na linha entre o acrômio medial e a fossa cubital. Os sinais EMGs foram amplificados e filtrados (10-500 Hz, entalhe 60 Hz) (Hermens et al., 2000).

Figura 2 - A: Local recomendado pelo SENIAM para a colocação dos eletrodos no músculo bíceps braquial. B: Eletrodos posicionados no ventre muscular, alinhados paralelamente às fibras musculares.



Fonte: A= Disponível em <http://seniam.org/bicepsbrachii.html> ;B= Elaborada pelo autor (2025).

2.3 Procedimentos de exercício

Para estabelecer o resultado isométrico máximo (100%), cada participante realizou 3 contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) de flexão do cotovelo (o participante em pé com o joelho flexionado a 20° e o cotovelo flexionado a 90°), medidas por uma célula de carga de nível laboratorial (Miotec™ Biomedical Equipment, Porto Alegre, RS, Brasil; tensão-compressão máxima = 200 kgf, precisão de 0,1 kgf, erro máximo de medição = 0,33%) acoplada a um módulo de aquisição com oito canais analógicos (Miotool™, Miotec™ Biomedical Equipment, Porto Alegre, RS, Brasil). A célula de carga de grau laboratorial foi previamente calibrada utilizando 10% (20 kgf) de sua compressão máxima de tensão, de acordo com as

recomendações do fabricante. Ambos os membros foram avaliados simultaneamente. A célula de carga de grau laboratorial foi ancorada a uma superfície estável e os participantes foram instruídos a exercer esforço máximo durante o teste isométrico. Os dados de saída de força máxima foram obtidos a partir da média das três CIVM.

2.4 Protocolo experimental

Após 5 minutos de descanso, o participante foi instruído a realizar 18 tentativas (9 para respiração regular e 9 para TRMP) de um movimento dinâmico completo (concêntrico-excêntrico) do cotovelo combinado a uma técnica de respiração em 3x 20%, 3x 40% e 3x 60% da CIVM em flexão. Todos os participantes realizaram ambas as técnicas de respiração (TRMP e respiração regular), e a ordem da técnica de respiração foi randomizada. A sequência de randomização foi gerada de forma independente usando o <http://www.randomizer.org>. O participante que iniciou realizando a respiração regular, realizou a TRMP posteriormente, e vice-versa. A ordem das cargas (20%, 40% e 60% da CIVM em flexão) também foi randomizada para cada participante usando o site acima mencionado. Foi permitido um minuto de descanso entre cada ajuste de carga.

A respiração regular foi realizada com uma contração concêntrica durante a inspiração e uma contração excêntrica durante a expiração. A TRMP consistiu em uma fase inspiratória profunda inicial, depois movendo o cotovelo por flexão durante uma fase expiratória, outra inspiração profunda e a extensão excêntrica final durante a fase expiratória final. Assim, o cotovelo foi movimentado apenas durante a fase expiratória. Para controlar o tempo de execução, todos os participantes realizaram uma familiarização antes da tarefa, que consistiu em demonstrar e ensinar os participantes a realizar o exercício junto com cada técnica de respiração. Para ambos os exercícios respiratórios, as fases de tempo concêntrico e excêntrico foram definidas em 2 segundos cada, controladas pelo avaliador. Durante o período de familiarização e durante a execução dos protocolos, um avaliador ensinou o padrão de movimento e como controlá-lo para que não houvesse compensação.

2.5 Extração de dados

Todos os dados da EMGs foram normalizados usando a CIVM, e as atividades musculares médias durante as fases concêntrica e excêntrica dos músculos bíceps braquial foram calculadas. Todas as informações foram registradas e processadas off-line usando o software MIOTEC Suite™ (MIOTEC;™ Equipamento Biomédico). Para definir o início do movimento do cotovelo, o interruptor de fase concêntrico-excêntrico e o final do movimento do cotovelo, todos os movimentos foram registrados usando uma câmera sincronizada com a aquisição da EMGs. Os marcadores foram definidos digitalmente para cada evento (início, troca e fim). Em seguida, os sinais eletromiográficos concêntricos e excêntricos do bíceps braquial foram analisados seguindo os marcadores de vídeo estabelecidos.

O índice de eficiência neuromuscular foi determinado calculando-se a razão entre a média da atividade EMGs normalizada pela CIVM e a força percentual correspondente (20%, 40% e 60% da CIVM). Essa variável foi expressa em (%EMG/Kgf). Nesse contexto, um valor de razão menor indica maior eficiência neuromuscular, o que significa que o músculo pode gerar a força necessária com menos atividade elétrica, refletindo um desempenho neuromuscular mais otimizado (Campos et al., 2021).

2.6 Análise de dados

Foi realizada análise descritiva (mediana, mínimo, máximo). A normalidade e a homogeneidade foram avaliadas por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Os dados submetidos ao teste de Shapiro-Wilk indicaram ausência de normalidade ($p < 0,05$). Diante desse resultado, optou-se pelo teste de Friedman, um método não paramétrico adequado para comparações de grupos dependentes quando os pressupostos de normalidade não são atendidos. Para tanto, utilizou-se a análise de variância não paramétrica de Friedman para medidas repetidas, seguida do teste post hoc de Durbin-Conover para contrastes pareados, evitando comparações múltiplas. Os tamanhos de efeito (TE) foram calculados usando o teste r de Cohen. Os TE foram classificados qualitativamente em: 0,10 para efeito pequeno, 0,30 para efeito médio e 0,50 para efeito grande. (Sawilowsky, 2009). A significância foi estabelecida em $p < 0,05$. Toda a análise estatística foi feita usando o software JAMOV (The JAMOV Project, versão 1.6.15, recuperado em: <http://www.jamovi.org>).

3 Resultados

Sessenta participantes foram avaliados, mas os dados de dois participantes cinquenta e oito participantes foram analisados. Uma característica importante da amostra é que todos os participantes eram destros, as demais características dos participantes são apresentadas na tabela 1. A comparação entre o IEN obtido durante a execução do exercício com RH ou TRMP em diferentes níveis de carga é apresentada na Tabela 2. Os dados mostraram que o IEN foi menor durante a TRMP em comparação com a RH, todos os parâmetros apresentaram diferenças significativas. Cargas mais altas (40% e 60% da CIVM) apresentaram as melhores respostas de IEN. O TE variou de moderado a grande para as comparações. As análises também mostraram que o bíceps dominante de todos os participantes apresentou melhor índice de eficiência quando comparado ao lado não dominante. O TE variou de pequeno a moderado para as comparações.

Tabela 2. Comparação do índice de eficiência neuromuscular (EMGs%/kgf) considerando os efeitos das técnicas de respiração regular e Pilates durante as fases concêntrica (conc) e excêntrica (exc) do músculo bíceps braquial direito e esquerdo com carga de 20%, 40% e 60% considerando a contração isométrica voluntária máxima (CIVM). Dados descritivos em mediana (mínimo; máximo).

		Direito				Esquerda				Direita x Esquerda			
		Regular	Pilates	p	TE	Regular	Pilates	p	TE	Regular	TE	Pilates	TE
20% da CIVM	Conc	2.9 (0.5-10.5)	3.2 (0.5-19.4)	0.031*	0.51 grande	4.3 (0.9-19.2)	3.5 (0.9-13.2)	0.003*	-0.71 grande	< 0,001*	0.62 grande	0.938	0.16 pequeno
	Exc	2.6 (0.3-11.5)	2.6 (0.3-7.8)	0.03*	-0.47 médio	2.9 (0.5-14.4)	2.7 (0.6-14.2)	0.036*	-0.5 grande	0.638	0.16 pequeno	0.66	0.15 pequeno
40% da CIVM	Conc	2.6 (0.3-13.6)	2.4 (0.8-10)	0.008*	0.92 grande	4 (1.0-13.7)	3.4 (0.8-17.9)	0.002*	0.91 grande	< 0,001*	0.67 grande	< 0,001*	0.62 grande
	Exc	2.5 (0.2-10.8)	2.3 (0.7-8.2)	0.07*	0.95 grande	2.7 (0.4-11.5)	2.4 (0.7-13.1)	0.03*	0.94 grande	< 0,001*	0.13 pequeno	0.579	0.08 pequeno
60% da CIVM	Conc	2.7 (0.7-8.7)	2.5 (0.5-10)	< 0,001*	-0.7 grande	3.8 (1.0-22.4)	3.4 (0.9-15.3)	0.023*	-0.59 grande	< 0,001*	0.68 grande	< 0,001*	0.63 grande
	Exc	2.6 (0.5-7.8)	2.2 (0.4-11.3)	0.019*	-0.45 médio	2.4 (0.9-17.3)	2.2 (0.6-16.1)	0.03*	-0.65 grande	0.787	0.14 pequeno	0.66	0.13 pequeno

*Diferenças significativas atribuídas.

Legenda: contração isométrica voluntária máxima=CIVM; TE= tamanho de efeito; Conc= concêntrica; Exc = excêntrica;

4 DISCUSSÃO

O presente estudo comparou o índice de eficiência neuromuscular durante as fases concêntrica e excêntrica da ação do bíceps braquial associada à respiração regular e à TRMP em diferentes níveis de carga. Os resultados mostraram que o índice de eficiência neuromuscular foi menor quando o movimento foi associado à TRMP do que quando foi associado à respiração regular. A comparação entre essas duas técnicas de respiração mostrou que a TRMP resultou em uma melhor eficiência neuromuscular do bíceps braquial durante as fases concêntrica e excêntrica, uma vez que, quanto menor for o índice melhor será a eficiência. De acordo com estudos anteriores, esse achado pode ser explicado pela melhor eficiência neuromuscular induzida pela TRMP, o que significa que menos unidades motoras são necessárias para produzir o mesmo nível de força. A eficiência neuromuscular é calculada considerando a quantidade de estimulação neural e a capacidade dos músculos de gerar força. Portanto, um músculo capaz de gerar um torque maior com uma menor excitação das fibras musculares é considerado mais eficiente (Aragão et al., 2015; Marques et al., 2013).

Um estudo realizado com 10 mulheres saudáveis proposto por Carvalho Barbosa et al., (2013) comparando a excitação do bíceps braquial com as técnicas de respiração associadas a técnica de centralização mostrou um aumento no recrutamento das unidades motoras do bíceps braquial, sugerindo que há maior excitação muscular quando o exercício está associado às técnicas de centralização e TRMP. Durante este estudo, a técnica de centralização foi associada à TRMP enquanto os participantes realizavam uma contração isotônica do bíceps braquial durante o movimento de flexão do cotovelo. O presente estudo não associou a TRMP com a técnica de centralização. Além disso, os participantes realizaram 3 contrações isotônicas do bíceps braquial com diferentes porcentagens de cargas durante a técnica de respiração. Portanto, as diferenças entre os resultados atuais e os resultados publicados pelo estudo anterior pode ser explicado por diferenças nas propriedades individuais de diferentes tipos de contração muscular e influências neurais concomitantes, uma vez que o estudo anterior os participantes precisaram focar sua atenção em duas técnicas simultâneas ao realizar a contração do bíceps braquial (técnica de respiração e centralização).

Outro estudo avaliou os efeitos da técnica de centralização e da TRMP sobre a atividade dos músculos dos membros inferiores durante o agachamento (Barbosa et al., 2017). Neste estudo, treze adultos com alguma experiência no MEP realizaram três agachamentos a 60° em três condições experimentais: (I) respiração normal, (II) contração abdominal com respiração normal e (III) contração abdominal com TRMP. Os resultados mostraram que o agachamento com contração abdominal associado à TRMP resultou em aumento da EMGs dos músculos reto femoral, bíceps femoral e tibial anterior durante a fase de flexão, aumentando a estabilidade do movimento. Esses achados diferem dos resultados aqui apresentados, que mostraram menor excitação muscular ao realizar contrações isotônicas em diferentes níveis de carga. Os melhores índices de eficiência neuromuscular observados no presente estudo quando a contração muscular foi associada à TRMP podem refletir maior eficiência neuromuscular, uma vez que, apesar da menor excitação elétrica, os músculos foram capazes de realizar o exercício proposto com os mesmos níveis de carga. Esses achados sugerem que a prática da TRMP leva a um recrutamento mais eficiente de unidades motoras, o que permite a geração de força e estabilização das articulações com menor esforço neural, resultando em maior economia de energia durante o exercício.

Os resultados do presente estudo são semelhantes aos apresentados por Panhan et al., (2018) que incluiu 15 mulheres que praticavam Pilates e 15 mulheres que não praticavam. Os músculos multífidos direito e esquerdo das participantes foram avaliados com eletromiografia para estimar a eficiência neuromuscular. Os resultados relataram que, embora não tenha sido observada diferença na EMGs entre os grupos, maiores valores de pico de torque isométrico e eficiência neuromuscular foram observados em praticantes de Pilates, sugerindo que a prática de TRMP é eficaz no treinamento da musculatura lombar e na melhora da eficiência neuromuscular em mulheres.

Uma hipótese fisiológica que justifica esses resultados é que a TRMP aumenta os níveis de volume e oxigenação e pode ser usada para apoiar qualquer programa de exercícios para fornecer um ambiente fisiológico susceptível a um melhor recrutamento muscular, isso é apoiado por nossos achados e resultados relatados anteriormente (Alvarenga et al., 2018; Barbosa et al., 2015; Siedlecki et al., 2022). O princípio da TRMP é que o indivíduo controle a respiração realizando movimentos de força específicos apenas durante a expiração, tornando-a mais lenta e profunda,

essas ações podem levar a alterações cardiometabólicas e de fluxo simpático dependentes dos padrões respiratórios (Russo et al., 2017; Siedlecki et al., 2022).

Um estudo com 27 participantes com idades entre 20 e 27 anos (Siedlecki et al., 2022) que comparou as respostas neuromusculares dos membros inferiores aos distúrbios posturais durante a respiração espontânea e lenta, mostrou que a respiração lenta encurtou a latência da EMGs nos músculos dos membros inferiores durante os distúrbios posturais quando comparada à respiração espontânea, assim, a respiração lenta diminui a atividade do sistema nervoso simpático, redistribui a circulação sanguínea para os músculos em atividade e afeta o metabolismo das células e membranas musculares esqueléticas, que pode ter um impacto direto no desempenho do músculo esquelético, como velocidade de contração e força. Assim, técnicas de respiração profunda e lenta podem afetar o desempenho muscular.

Conforme observado em estudos anteriores, a menor atividade da EMGs também pode refletir uma redução no recrutamento de unidades motoras, potencialmente levando à excitação muscular insuficiente e ao desempenho abaixo do ideal, especialmente em populações com diferentes níveis basais de condicionamento físico ou capacidades de controle motor (Carroll et al., 2001; Marques et al., 2013). Portanto, embora a TRMP possa promover a eficiência neuromuscular sob certas condições, a redução da EMGs pode ser resultado de um esforço reduzido, em vez de uma maior eficiência de recrutamento.

Além disso, é crucial reconhecer que a variabilidade individual pode influenciar a forma como a TRMP afeta a eficiência neuromuscular, dependendo de fatores como experiência com a técnica, fatores patológicos e aptidão física geral (Chmielewska et al., 2019; Panhan et al., 2018). Portanto, as melhorias observadas na eficiência neuromuscular podem não ser universalmente aplicáveis. Uma diminuição na ativação muscular, frequentemente interpretada como aumento da eficiência, também pode refletir um recrutamento abaixo do ideal de unidades motoras.

Pesquisas sugerem que essa ativação reduzida pode ser resultado de um impulso neural diminuído ou de um engajamento muscular inadequado, em vez de uma melhora na eficiência neuromuscular (Aragão et al., 2015; Jiang et al., 2025). Isso levanta a possibilidade de que os benefícios observados possam estar limitados a indivíduos bem treinados ou familiarizados com as técnicas de Pilates e podem não ser aplicáveis a populações não treinadas ou clínicas.

Além disso, a interpretação da atividade elétrica reduzida como um marcador de aumento da eficiência pode deixar de considerar a complexa interação entre fadiga muscular, intensidade do exercício e adaptação neural. Alguns estudos indicam que a menor atividade eletromiográfica durante determinados exercícios pode, na verdade, sinalizar uma redução na capacidade do músculo de sustentar contrações de alta intensidade, especialmente nos casos em que a carga do exercício excede a capacidade do indivíduo (Chmielewska et al., 2019).

Os achados de Aragão et al. (2015) corroboram a relevância da eficiência neuromuscular como indicador da função muscular em diferentes contextos clínicos e experimentais. No estudo, mesmo dois meses após a reconstrução do ligamento cruzado anterior, observou-se que a eficiência neuromuscular do bíceps femoral não foi restabelecida no membro operado, enquanto o membro contralateral apresentou melhora, possivelmente por efeito compensatório. Esse padrão de aumento da eficiência neuromuscular com menor ativação eletromiográfica, sem perda de força, é compatível com os efeitos observados na TRMP, onde uma menor excitação elétrica foi suficiente para gerar torque muscular. Assim, tanto no contexto da reabilitação quanto em condições experimentais com indivíduos saudáveis, como no presente estudo, a eficiência neuromuscular pode refletir adaptações neurais positivas. No entanto, os dados também reforçam que a redução da EMG deve ser interpretada com cautela, pois pode indicar inibição muscular ou estratégias compensatórias, dependendo do contexto fisiológico e do tempo de recuperação muscular.

Os resultados do presente estudo também mostraram que o bíceps braquial direito apresenta o melhor índice de eficiência neuromuscular quando comparado ao bíceps braquial esquerdo durante as fases concêntrica e excêntrica. Esses resultados podem ser explicados por estudos na literatura que indicam que o lado dominante apresenta maior eficiência em tarefas motoras devido a fatores neuromusculares e adaptações biomecânicas (Virgile; Bishop, 2021). A dominância lateral é resultado de maior representação e controle motor no hemisfério cerebral contralateral ao membro dominante, o que resulta em um controle mais refinado dos movimentos, maior precisão e força muscular. Além disso, o membro dominante frequentemente experimenta maior exposição às atividades cotidianas, levando a uma maior coordenação e desenvolvimento de habilidades motoras ao longo do tempo (Schaffer; Sainburg, 2017). Esses resultados são corroborados por estudos que destacam diferenças na força muscular e na ativação neuromuscular entre os membros do

membro dominante e do membro não dominante (Alkhawaldeh; Altarawneh, 2023). Portanto, embora a TRMP possa promover maior eficiência em contextos específicos, mais pesquisas são necessárias para entender melhor como essas descobertas se traduzem em diferentes modalidades de exercício e populações, incluindo aquelas com diferentes níveis de condicionamento físico e capacidades físicas.

Algumas limitações podem ser abordadas neste estudo. O estudo foi conduzido com voluntários saudáveis. Outras populações, como idosos, pessoas com distúrbios neurológicos ou pacientes em reabilitação pós-cirúrgica podem apresentar desfechos diferentes. No entanto, estudos com populações saudáveis são importantes para avaliar a eficácia da TRMP em condições ideais, permitindo a identificação dos benefícios básicos da prática antes de considerar adaptações para grupos com necessidades específicas. Outra limitação do estudo está relacionada ao fato de a TRMP não ter sido praticada em associação com a contração dos músculos do core, no entanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da TRMP isoladamente. Pesquisas futuras podem investigar os efeitos da prática da TRMP isoladamente e associada à contração dos músculos do core nos músculos dos membros superiores e inferiores ao realizar exercícios resistidos em contrações isotônicas. Por fim, nenhum equipamento foi utilizado para controlar o movimento escapular, o que pode influenciar a atividade do bíceps braquial devido à inserção desse músculo. Além disso, sugere-se que estudos futuros investiguem a influência do movimento escapular na atividade do bíceps braquial durante a TRMP.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a TRMP aumenta significativamente a eficiência neuromuscular durante as fases concêntrica e excêntrica do bíceps braquial em comparação com a respiração regular, particularmente em níveis de carga mais altos (40% e 60% da CIVM). A menor atividade eletromiográfica observada durante a TRMP sugere IEN e otimização de tarefas. Esses achados destacam o potencial da TRMP para otimizar o desempenho muscular, reduzir o esforço neural e melhorar a eficiência do movimento funcional. Os resultados podem sugerir aplicações práticas, promovendo excitação muscular mais eficiente. No entanto, os resultados apresentados sugerem resultados favoráveis para a TRMP em uma população jovem e saudável. Recomenda-se que estudos futuros investiguem a aplicação dessa

técnica em populações clínicas, além de explorar seus mecanismos fisiológicos subjacentes. A TRMP pode representar uma ferramenta valiosa para otimizar programas de exercícios, combinando benefícios neurais e musculares.

REFERÊNCIAS

1. ALKHAWALDEH, I. M.; ALTARAWNEH, M. Difference in One-Repetition Maximum and Electromyography between the Dominant and Non-Dominant Arms and Their Relationship to Exercise Onset: An Experimental Study of the Biceps Brachii Muscle. ***Annals of Applied Sport Science***, v. 11, n. 2, p. 0–0, 1 ago. 2023.
2. ALVARENGA, G. M. D. et al. The influence of inspiratory muscle training combined with the Pilates method on lung function in elderly women: A randomized controlled trial. ***Clinics***, v. 73, p. e356, 2018.
3. ARAGÃO, F. A. et al. Neuromuscular efficiency of the vastus lateralis and biceps femoris muscles in individuals with anterior cruciate ligament injuries. ***Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)***, v. 50, n. 2, p. 180–185, mar. 2015.
4. BARBOSA, A. C. et al. Activity of Lower Limb Muscles During Squat With and Without Abdominal Drawing-in and Pilates Breathing. ***Journal of Strength and Conditioning Research***, v. 31, n. 11, p. 3018–3023, Nov. 2017.
5. BARBOSA, A. W. C. et al. The Pilates breathing technique increases the electromyographic amplitude level of the deep abdominal muscles in untrained people. ***Journal of Bodywork and Movement Therapies***, v. 19, n. 1, p. 57–61, Jan. 2015.
6. BENITEZ, B. et al. Electromyographic and mechanomyographic responses of the biceps brachii during concentric and eccentric muscle actions to failure at high and low relative loads. ***European Journal of Applied Physiology***, v. 123, n. 10, p. 2145–2156, out. 2023.
7. BYRNES, K.; Wu, P.-J.; Whillier, S. Is Pilates an effective rehabilitation tool? A systematic review. ***Journal of Bodywork and Movement Therapies***, v. 22, n. 1, p. 192–202, Jan. 2018.
8. CAMPOS, D. B. et al. Acceleration Profiles and the Isoinertial Squatting Exercise: Is There a Direct Effect on Concentric–Eccentric Force, Power, and Neuromuscular Efficiency? ***Journal of Sport Rehabilitation***, v. 30, n. 4, p. 646–652, 1 Maio 2021.
9. CAMPOS, J. L. et al. Effects of mat Pilates training and habitual physical activity on thoracoabdominal expansion during quiet and vital capacity breathing in healthy women. ***The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness***, v. 59, n. 1, Dez. 2018.
10. CARDOSO, E. A. et al. Neuromuscular efficiency of the knee joint muscles in the early-phase of strength training: effects of antagonist's muscles pre-activation. ***Motricidade***, p. 24- 32 Pages, 10 Dez. 2018.

11. CARROLL, T. J.; RIEK, S.; CARSON, R. G. Neural Adaptations to Resistance Training: Implications for Movement Control. ***Sports Medicine***, v. 31, n. 12, p. 829–840, 2001.
12. CARVALHO Barbosa, A. W. et al. Immediate electromyographic changes of the biceps brachii and upper rectus abdominis muscles due to the Pilates centring technique. ***Journal of Bodywork and Movement Therapies***, v. 17, n. 3, p. 385–390, jul. 2013.
13. CHMIELEWSKA, D. et al. Electromyographic characteristics of pelvic floor muscles in women with stress urinary incontinence following sEMG-assisted biofeedback training and Pilates exercises. ***PLOS ONE***, v. 14, n. 12, p. e0225647, 2 dez. 2019.
14. DE LUCA, C. J.; Contessa, P. Biomechanical benefits of the onion-skin motor unit control scheme. ***Journal of Biomechanics***, v. 48, n. 2, p. 195–203, Jan. 2015.
15. JIANG, L.; THADANATTHAPHAK, Y.; TUDPOR, K. Effects of Pilates Training Combined with Fascial Massage on Upper Cross Syndrome in Office Workers. ***Healthcare***, v. 13, n. 4, p. 410, 14 fev. 2025.
16. KAWABATA, M.; Shima, N. Interaction of breathing pattern and posture on abdominal muscle activation and intra-abdominal pressure in healthy individuals: a comparative cross-sectional study. ***Scientific Reports***, v. 13, n. 1, p. 11338, 13 jul. 2023.
17. LATEY, Penelope. The Pilates method: history and philosophy. ***Journal of Bodywork and Movement Therapies***, Australia, v. 5, n. 4, p. 275–282, out. 2001. Disponível em: Doi: 10.1054/bwmt.2001.0237
18. HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. ***Journal of Electromyography and Kinesiology***, v. 10, n. 5, p. 361–374, out. 2000.
19. HUGHES, D. C.; ELLEFSEN, S.; BAAR, K. Adaptations to Endurance and Strength Training. ***Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine***, v. 8, n. 6, p. a029769, jun. 2018.
20. MAGALHÃES, I. et al. Kinesiotaping enhances the rate of force development but not the neuromuscular efficiency of physically active young men. ***Journal of Electromyography and Kinesiology***, v. 28, p. 123–129, jun. 2016.
21. MARQUES, N. R. et al. EMG activity of trunk stabilizer muscles during Centering Principle of Pilates Method. ***Journal of Bodywork and Movement Therapies***, v. 17, n. 2, p. 185–191, abr. 2013.
22. MENACHO, M. O. et al. Electromyographic Effect of Mat Pilates Exercise on the Back Muscle Activity of Healthy Adult Females. ***Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics***, v. 33, n. 9, p. 672–678, nov. 2010.

23. OH, Y.; PARK, S.; LEE, M. Comparison of Effects of Abdominal Draw-In Lumbar Stabilization Exercises with and without Respiratory Resistance on Women with Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. **Medical Science Monitor**, v. 26, 21 jan. 2020.
24. PANHAN, A. C. et al. Neuromuscular efficiency of the multifidus muscle in Pilates practitioners and non-practitioners. **Complementary Therapies in Medicine**, v. 40, p. 61–63, out. 2018.
25. PANHAN, A. C.; Gonçalves, M.; Cardozo, A. C. Electromyographic Activation and Co-contraction of the Thigh Muscles During Pilates Exercises on the Wunda Chair. **Journal of Chiropractic Medicine**, v. 22, n. 4, p. 322–327, dez. 2023.
26. PEREIRA, M. J. et al. Benefits of Pilates in the Elderly Population: A Systematic Review and Meta-Analysis. **European Journal of Investigation in Health**, Psychology and Education, v. 12, n. 3, p. 236–268, 22 fev. 2022.
27. PEREIRA, M. J. et al. Methodology and Experimental Protocol for Studying Learning and Motor Control in Neuromuscular Structures in Pilates. **Healthcare**, v. 12, n. 2, p. 229, 17 Jan. 2024.
28. PUCCI, G. C. M. F.; NEVES, E. B.; SAAVEDRA, F. J. F. Effect Of Pilates Method On Physical Fitness Related To Health In The Elderly: A Systematic Review. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 25, n. 1, p. 76–87, fev. 2019.
29. PUCCI, G.C.M.F et al. Análise comparativa de Pilates e treinamento resistido na exigência física de idosos. **Retos digitais**, v. 41, pág. 628–637, 2021. doi:<https://doi.org/10.47197/retos.v41i0.84162>
30. RUSSO, M. A.; SANTARELLI, D. M.; O'ROURKE, D. The physiological effects of slow breathing in the healthy human. **Breathe**, v. 13, n. 4, p. 298–309, Dez. 2017.
31. SAWILOWSKY, S. S. New Effect Size Rules of Thumb. **Journal of Modern Applied Statistical Methods**, v. 8, n. 2, p. 597–599, 1 Nov. 2009.
32. SCHAFFER, J. E.; SAINBURG, R. L. Interlimb differences in coordination of unsupported reaching movements. **Neuroscience**, v. 350, p. 54–64, Maio 2017.
33. SIEDLECKI, P. et al. The effects of slow breathing on postural muscles during standing perturbations in young adults. **Experimental Brain Research**, v. 240, n. 10, p. 2623–2631, out. 2022.
34. SILVA, Y. et al. Análise da resistência externa e da atividade eletromiográfica do movimento de extensão de quadril realizado segundo o método Pilates. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 13, n. 1, p. 82–88, fev. 2009.

35. VILLANUEVA-GUERRERO, O. et al. Effects of different strength and velocity training programs on physical performance in youth futsal players. *Heliyon*, v. 10, n. 10, p. 730-747, maio 2024.
36. VIRGILE, A.; BISHOP, C. A Narrative Review of Limb Dominance: Task Specificity and the Importance of Fitness Testing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 35, n. 3, p. 846–858, mar. 2021.
37. WELLS, C.; KOLT, G. S.; BIALOCERKOWSKI, A. Defining Pilates exercise: A systematic review. *Complementary Therapies in Medicine*, v. 20, n. 4, p. 253–262, ago. 2012.

APÊNDICE A - ARTIGO ORIGINAL PUBLICADO EM PERIÓDICO***applied sciences***

an Open Access Journal by MDPI

**Does Pilates Breathing Affect the Biceps Brachii Neuromuscular Efficiency During Submaximal Contraction?**

Denys Batista Campos; Maria de Cassia Gomes Souza Macedo; Kariny Realino do Rosário Ferreira; Arthur Ferreira Esquirio; Ana Clara Leal; Gabriela Lopes Gama; Alexandre Carvalho Barbosa

Appl. Sci. **2025**, Volume 15, Issue 10, 5528

ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Declaro que concordo em participar da pesquisa e que me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Governador Valadares, _____ de _____ de 20__.

Assinatura do Participante

Assinatura do (a) Pesquisador (a)

Nome do Pesquisador Responsável: Maria de Cassia Gomes Souza Macedo

Campus Avançado de Governador Valadares - UFJF

Faculdade/Departamento/Instituto: Departamento de Fisioterapia / Instituto de Ciências da Vida

CEP: 36036-900

Fone: (33) 98858-0062

E-mail: mariadecassia.macedo@gmail.com

Rubrica do Participante de pesquisa ou responsável: _____
Rubrica do pesquisador: _____

O CEP avalia protocolos de pesquisa que envolve seres humanos, realizando um trabalho cooperativo que visa, especialmente, à proteção dos participantes de pesquisa do

Brasil. **Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:**

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - UFJF

Campus Universitário da UFJF

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

CEP: 36036-900

Fone: (32) 2102- 3788 / E-mail: cep.propp@ufjf.br



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Gostaríamos de convidar você a participar como voluntário (a) da pesquisa Análise eletromiográfica dos músculos bíceps e tríceps braquial durante os movimentos de flexão e extensão de cotovelo utilizando a técnica de respiração do método Pilates em diferentes ajustes de carga : um ensaio clínico. O motivo que nos leva a realizar esta pesquisa é investigar se a respiração do método Pilates possui influência no nível de recrutamento muscular durante a flexão e extensão de cotovelo. Nesta pesquisa pretendemos identificar possíveis diferenças eletromiográficas dos músculos bíceps braquial e tríceps braquial porção longa durante a flexão resistida e extensão de antebraço (retorno da flexão) com diferentes níveis de carga associado ao uso da técnica de respiração do método Pilates ou à técnica de respiração habitual.

Caso você concorde em participar, vamos fazer as seguintes atividades com você: Inicialmente, uma ficha de identificação será aplicada para obter os dados como: nome, idade, altura, peso e relato de experiência prévia com o método Pilates; será aplicado um questionário para avaliar o nível de atividade física dos participantes; será realizado um processo de familiarização onde um pesquisador lhe mostrará como é realizada a técnica de respiração do método Pilates, logo após serão fixados os eletrodos, por meio de adesivos sobre a pele, para obtenção do sinal elétrico por meio do eletromiógrafo, em seguida faremos a obtenção de sua contração isométrica voluntária máxima, que consiste em realizar o máximo de força sem movimentar os membros, para essa etapa você deverá estar de pé, com os joelhos semiflexionados e cotovelos dobrados em 90° com a palma das mãos voltadas para cima. Nesse momento o pesquisador solicitará que você realize o máximo de força que conseguir para dobrar o braço completamente segurando uma barra que estará fixa na célula de carga. Essa coleta será realizada duas vezes. Após um período de descanso você deverá, ao comando do pesquisador, fazer o movimento de dobrar os cotovelos com a técnica especificada e esticar novamente a posição original, e repetir com os outros dois ajustes de carga definidos, somando três movimentos totais. Além disso, será necessária uma segunda visita à clínica para que o procedimento seja repetido com a outra técnica de respiração. Esta pesquisa tem alguns riscos, mas é inesperável que qualquer equipamento utilizado ou protocolo de exercício cause danos ao participante.

O CEP avalia protocolos de pesquisa que envolve seres humanos, realizando um trabalho cooperativo que visa, especialmente, à proteção dos participantes de pesquisa do

Brasil. Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - UFJF

Campus Universitário da UFJF

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

CEP: 36036-900

Fone: (32) 2102- 3788 / E-mail: cep.propp@ufjf.br



Para a realização das coletas de eletromiografia de superfície é necessário a realizar a raspagem da região da pele a ser fixada o eletrodo utilizando lâmina ou barbeador, o que oferece risco mínimo de corte ou irritação cutânea, o que será minimizado com o uso de lâminas de boa qualidade e treinamento prévio de um avaliador para realizar a tarefa. Há também a possibilidade do você sentir desconforto ou dor muscular e articular após a realização do protocolo, sendo fator redutor respeitar o tempo de descanso e recuperação descritos no protocolo. Existe o risco da quebra de sigilo e exposição de seus dados, sendo minimizado pela utilização de abreviações dos nomes e arquivamento em bancos digitais seguros. A pesquisa pode ajudar a compreender os efeitos da respiração do método Pilates e da respiração habitual na excitação das fibras musculares do bíceps braquial e tríceps braquial, além de investigar o comportamento dos mesmos músculos quando expostos a quilagens diferentes.

Para participar deste estudo você não vai ter nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, se você tiver algum dano por causadas atividades que fizermos com você nesta pesquisa, você tem direito a buscar indenização. Você terá todas as informações que quiser sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Mesmo que você queira participar agora, você pode voltar atrás ou parar de participar a qualquer momento. A sua participação é voluntária e o fato de não querer participar não vai trazer qualquer penalidade ou mudança na forma em que você é atendido (a). O pesquisador não vai divulgar seu nome. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida a você. Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos. Decorrido este tempo, o pesquisador avaliará os documentos para a sua destinação final, de acordo com a legislação vigente. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de

O CEP avalia protocolos de pesquisa que envolve seres humanos, realizando um trabalho cooperativo que visa, especialmente, à proteção dos participantes de pesquisa do

Brasil. **Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:**

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - UFJF

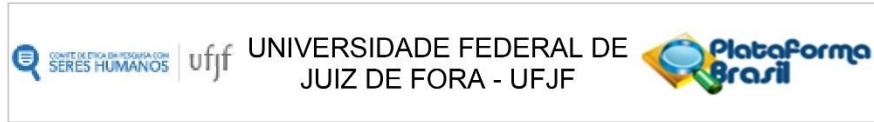
Campus Universitário da UFJF

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

CEP: 36036-900

Fone: (32) 2102-3788 / E-mail: cep.propp@ufjf.br

ANEXO B – APROVAÇÃO COMITE ETICA E PESQUISA



Continuação do Parecer: 6.041.104

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JUIZ DE FORA, 05 de Maio de 2023

Assinado por:
Jubel Barreto
(Coordenador(a))

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
Bairro: SAO PEDRO
UF: MG Município: JUIZ DE FORA
Telefone: (32)2102-3788 CEP: 36.036-900
E-mail: cep.propp@ufjf.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
JUIZ DE FORA - UFJF



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Análise eletromiográfica dos músculos bíceps e tríceps braquial durante os movimentos de flexão e extensão de cotovelo utilizando a técnica de respiração do método Pilates em diferentes ajustes de carga: um ensaio clínico

Pesquisador: Maria de Cassia Gomes Souza Macedo

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 66768023.1.0000.5147

Instituição Proponente: Campus Avançado Governador Valadares -UFJF

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.041.104

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa.

"Desenho: Ensaio clínico crossover, não-cego, composto por dois grupos pareados por sexo e faixa etária que receberão a mesma intervenção em momentos e sequências aleatorizadas, a fim de atestar a paralelidade de uma intervenção sobre outra, conferindo robustez aos resultados. O uso do método Pilates como forma de reabilitação clínica vem crescendo cada vez mais e estudos mostram benefícios de sua utilização. Um dos princípios do método, a técnica de respiração, é amplamente difundida, mas as vantagens de sua utilização adicionalmente a outros métodos de exercícios são pouco exploradas, assim como a avaliação concreta para correta prescrição terapêutica. Este estudo irá comparar o uso da respiração habitual e a técnica de respiração do método Pilates durante a realização de um exercício resistido (flexão de cotovelo) e o comportamento de unidades motoras dos músculos bíceps braquial e tríceps braquial quando expostos a diferentes quilagens, ajustadas em três níveis, a partir da contração isométrica voluntária máxima do indivíduo. Para isso, 108 voluntários serão alocados de forma randomizada em dois grupos, homogêneos, com o mesmo número de participantes para execução de um protocolo onde a ordem de ajuste de carga será diferente para cada participante do grupo. A intervenção se dará em dois momentos distintos, onde ocorrerá o crossover das amostras. Será

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N

Bairro: SAO PEDRO

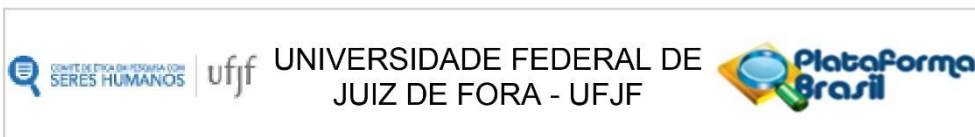
UF: MG

Município: JUIZ DE FORA

Telefone: (32)2102-3788

CEP: 36.036-900

E-mail: cep.propp@ufjf.br



Continuação do Parecer: 6.041.104

coletada a atividade elétrica de unidades motoras através da eletromiografia de superfície para posterior interpretação."

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo primário: "Identificar possíveis diferenças eletromiográficas dos músculos bíceps braquial e tríceps braquial porção longa durante a flexão resistida e extensão de antebraço (retorno da flexão), com diferentes níveis de carga, associado ao uso da técnica de respiração do método Pilates ou à técnica de respiração habitual."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: "Os avaliadores serão previamente treinados, sendo assim, é inesperável que qualquer equipamento utilizado ou protocolo de exercício cause danos ao participante. Para a realização das coletas de sEMG é necessário a tricotomia da região a ser fixada o eletrodo, o que oferece risco mínimo de corte ou irritação cutânea, o que será minimizado com o uso de lâminas de boa qualidade e treinamento prévio de um avaliador para realizar a tarefa. Há também a possibilidade do voluntário sentir desconforto ou dor muscular e articular após a realização do protocolo, sendo fator redutor respeitar o tempo de descanso e recuperação descritos no protocolo. Existe o risco da quebra de sigilo e exposição dos dados dos participantes, sendo minimizado pela utilização de abreviações dos nomes e arquivamento em bancos digitais seguros. Os participantes serão informados sobre os efeitos e a segurança do protocolo e dos equipamentos. Benefícios: Os resultados da pesquisa serão importantes para a aplicação do método Pilates na prática clínica pois permitirá identificar possíveis diferenças na ativação muscular durante a realização do exercício com o método Pilates e com diferentes cargas. Assim, será possível realizar prescrições de exercício de forma mais assertiva. Os voluntários terão uma familiarização com a técnica de respiração do método Pilates, podendo ser utilizada pelo participante em seu dia a dia, além sobre o conhecimento sobre o seu desempenho na realização da tarefa."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto está bem estruturado, delineado e fundamentado, sustenta os objetivos do estudo em sua metodologia de forma clara e objetiva, e se apresenta em consonância com os princípios éticos norteadores da ética na pesquisa científica envolvendo seres humanos elencados na

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
Bairro: SAO PEDRO **CEP:** 36.036-900
UF: MG **Município:** JUIZ DE FORA
Telefone: (32)2102-3788 **E-mail:** cep.propp@ufjf.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
JUIZ DE FORA - UFJF



Continuação do Parecer: 6.041.104

resolução 466/12 do CNS e com a Norma Operacional Nº 001/2013 CNS.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O protocolo de pesquisa está em configuração adequada, apresenta FOLHA DE ROSTO devidamente preenchida, com o título em português, identifica o patrocinador pela pesquisa, estando de acordo com as atribuições definidas na Norma Operacional CNS 001 de 2013 item 3.3 letra a; e 3.4.1 item 16.

Apresenta o TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO em linguagem clara para compreensão dos participantes, apresenta justificativa e objetivo, campo para identificação do participante, descreve de forma suficiente os procedimentos, informa que uma das vias do TCLE será entregue aos participantes, assegura a liberdade do participante recusar ou retirar o consentimento sem penalidades, garante sigilo e anonimato, explicita riscos e desconfortos esperados, indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa, contato do pesquisador e do CEP e informa que os dados da pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador pelo período de cinco anos, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466 de 2012, itens: IV letra b; IV.3 letras a, b, c, d, e, f, g e h; IV. 5 letra d e XI.2 letra f.

Apresenta o INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS de forma pertinente aos objetivos delineados e preserva os participantes da pesquisa. O Pesquisador apresenta titulação e experiência compatível com o projeto de pesquisa, estando de acordo com as atribuições definidas no Manual Operacional para CEPs.

Apresenta DECLARAÇÃO de infraestrutura e de concordância com a realização da pesquisa de acordo com as atribuições definidas na Norma Operacional CNS 001 de 2013 item 3.3 letra h.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto, o projeto está aprovado, pois está de acordo com os princípios éticos norteadores da ética em pesquisa estabelecido na Res. 466/12 CNS e com a Norma Operacional Nº 001/2013 CNS. Data prevista para o término da pesquisa: 31/01/2025.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa CEP/UFJF, de acordo com as atribuições

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N

Bairro: SAO PEDRO

UF: MG

Município: JUIZ DE FORA

Telefone: (32)2102-3788

CEP: 36.036-900

E-mail: cep.propp@ufjf.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
JUIZ DE FORA - UFJF



Continuação do Parecer: 6.041.104

definidas na Res. CNS 466/12 e com a Norma Operacional N°001/2013 CNS, manifesta-se pela APROVAÇÃO do protocolo de pesquisa proposto. Vale lembrar ao pesquisador responsável pelo projeto, o compromisso de envio ao CEP de relatórios parciais e/ou total de sua pesquisa informando o andamento da mesma, comunicando também eventos adversos e eventuais modificações no protocolo.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2076330.pdf	10/03/2023 16:52:26		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Pilates1.docx	10/03/2023 16:51:50	Maria de Cassia Gomes Souza Macedo	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	23/01/2023 15:51:52	Maria de Cassia Gomes Souza Macedo	Aceito
Outros	Lattes_Maria.pdf	23/01/2023 10:58:46	Maria de Cassia Gomes Souza Macedo	Aceito
Outros	Lattes_Alexandre.pdf	23/01/2023 10:46:02	Maria de Cassia Gomes Souza Macedo	Aceito
Outros	Lattes_Lucas.pdf	23/01/2023 10:45:26	Maria de Cassia Gomes Souza Macedo	Aceito
Outros	IPAQ.pdf	17/01/2023 15:01:40	Maria de Cassia Gomes Souza Macedo	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_sigilo_Projeto_Pilates.pdf	17/01/2023 15:01:03	Maria de Cassia Gomes Souza Macedo	Aceito
Outros	Ficha_de_identificacao_Projeto_Pilates.pdf	17/01/2023 15:00:13	Maria de Cassia Gomes Souza Macedo	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Projeto_Pilates.pdf	17/01/2023 14:57:35	Maria de Cassia Gomes Souza Macedo	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_de_infraestrutura_Projeto_Pilatesassinado.pdf	17/01/2023 14:57:19	Maria de Cassia Gomes Souza Macedo	Aceito

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N

Bairro: SAO PEDRO

CEP: 36.036-900

UF: MG

Município: JUIZ DE FORA

Telefone: (32)2102-3788

E-mail: cep.propp@ufjf.br