

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DOM BOSCO
CURSO DE FISIOTERAPIA

STEFANNY OLIVEIRA SILVA

**ASSOCIAÇÃO ENTRE NÍVEIS DE ESTRADIOL E DESEMPENHO MUSCULAR
EM MULHERES IDOSAS COM SARCOPENIA: revisão sistemática**

São Luís

2026

STEFANNY OLIVEIRA SILVA

**ASSOCIAÇÃO ENTRE NÍVEIS DE ESTRADIOL E DESEMPENHO MUSCULAR
EM MULHERES IDOSAS COM SARCOPENIA: revisão sistemática**

Monografia apresentada ao Curso de Fisioterapia do Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Fisioterapia.

Orientadora: Prof. Me. Janice Regina Moreira Bastos.

São Luís

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Centro Universitário UNDB / Biblioteca

Silva, Stefanny Oliveira

Associação entre níveis de estradiol e desempenho muscular em mulheres idosas com sarcopenia: revisão sistemática. / Stefanny Oliveira Silva. __ São Luís, 2026.
58 f.

Orientador (a): Prof. Me. Janice Regina Moreira Bastos.
Monografia (Graduação em Fisioterapia) - Curso de Fisioterapia – Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco – UNDB, 2026.

1. Sarcopenia. 2. Estradiol. 3. Menopausa. 4. Desempenho muscular. 5. Envelhecimento feminino. I. Título.

CDU 618.173-055.2-053.9

STEFANNY OLIVEIRA SILVA

**ASSOCIAÇÃO ENTRE NÍVEIS DE ESTRADIOL E DESEMPENHO MUSCULAR
EM MULHERES IDOSAS COM SARCOPENIA: revisão sistemática.**

Monografia apresentada ao Curso de Fisioterapia do
Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom
Bosco como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Fisioterapia.

Aprovada em: 10 / 06 / 2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Janice Regina Moreira Bastos

Mestre em Ciências da Reabilitação

Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco (UNDB)

Prof. Ana Karina Arruda Abdala Soares.

Especialista em Gestão de Políticas de Saúde informadas por Evidências

(Hospital Sírio Libanês, 2019)

Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco (UNDB)

Prof. Me. Adelzir Malheiros e Silva Carvalho Barbosa Haidar

Mestre em Saúde do Adulto

Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco (UNDB)

Dedico este trabalho à minha filha Ana Eloá Oliveira Coelho. que foi luz nos dias mais difíceis e motivo para eu não desistir quando tudo parecia pesado demais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por ter me sustentado nos dias em que pensei em desistir, por ter me dado força quando eu me sentia fraca e por ter me guiado até aqui, mesmo nos momentos em que eu não enxergava o caminho, por ter sido o meu bálsamo e o meu socorro em toda essa trajetória. Destaco os desafios de conciliar maternidade, estudos e trabalho, com momentos de exaustão e renúncias importantes na convivência com a minha filha, perder momentos únicos que só acontecem uma vez enquanto ela cresce. Apesar disso, reconheço que todo o esforço teve um propósito maior que me motivou a persistir até a conquista.

Agradeço à minha filha, Ana Eloá Oliveira Coelho, por ser minha força diária, minha razão de continuar e o meu maior aprendizado sobre amor e resistência. À minha mãe, Raquel Oliveira, que esteve ao meu lado mesmo nos dias mais difíceis, sendo apoio, cuidado e carinho, ela foi minha intercessora e minha maior incentivadora nessa caminhada toda e por ela eu também não podia desistir. Aos meus avós, Roseno, Glória, Mineiro e Raimunda, pelo carinho, pelas palavras de conforto e por serem meu porto seguro ao longo dessa caminhada, vocês são responsáveis pela construção do meu caráter, obrigada por sempre estarem disposto a moverem o mundo por mim.

A avó da minha filha Ana Júlia dos Santos meus sinceros agradecimentos por cuidar tão bem dela durante uma parte da graduação, nunca esquecerei tudo que fez por nós. Às minhas melhores amigas Layanne, Ana Beatriz e Nathalia que compreenderam minha ausência, meu cansaço e, ainda assim, me incentivaram a não desistir. Obrigada por cada gesto de apoio e por tornarem essa caminhada um pouco menos solitária.

Aos meus amigos de estágio e graduação e as minhas preceptoras por acreditarem em mim, obrigada por deixarem todo esse tempo mais leve e mais alegre, estar com vocês me fez acreditar que era possível ir além. E a todos que de alguma forma contribuíram para eu chegasse até aqui, sem todos vocês não teriam sido possíveis enfrentar essa maratona e no final sair vencedora, pois foram exatamente 7 longos anos para chegar até aqui.

Por fim, agradeço a mim mesma. Por não ter desistido, mesmo quando tudo parecia demais. Por ter conseguido ser mãe, trabalhar e estudar ao mesmo tempo, mesmo com todas as dificuldades. Este trabalho representa mais do que uma etapa concluída, representa a minha resistência, a minha luta e tudo o que eu precisei superar para chegar até aqui.

“Para que todos vejam, saibam, considerem e
juntamente entendam que a mão do Senhor fez
isso.”

(Isaías 41:20)

RESUMO

O envelhecimento feminino representa um importante desafio em saúde pública, especialmente devido ao aumento da expectativa de vida e à maior exposição das mulheres às alterações fisiológicas relacionadas à menopausa. Nesse período, a redução dos níveis de estradiol promove modificações sistêmicas que afetam diretamente o sistema musculoesquelético, influenciando a massa muscular, a força e o desempenho físico. Essas alterações podem contribuir para o desenvolvimento da sarcopenia, associada à redução da autonomia e da qualidade de vida em mulheres idosas. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo analisar a associação entre níveis séricos de estradiol e parâmetros de desempenho neuromuscular em mulheres pós-menopausa com sarcopenia, considerando os métodos utilizados para avaliação hormonal e funcional. Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, conduzida conforme as recomendações do protocolo PRISMA. A busca foi realizada nas bases PubMed, Scopus, Web of Science e PEDro, incluindo estudos observacionais e ensaios clínicos publicados entre 2020 e 2025, nos idiomas português, inglês e espanhol. Ao final do processo de seleção, nove estudos foram incluídos na análise. Os resultados demonstraram que níveis reduzidos de estradiol estiveram associados, de maneira predominante, à redução da massa muscular, diminuição da força muscular e pior desempenho físico. Entretanto, observou-se importante heterogeneidade metodológica entre os estudos, especialmente nos métodos de dosagem hormonal, critérios diagnósticos de sarcopenia e instrumentos de avaliação neuromuscular. Conclui-se que existem evidências de associação entre redução dos níveis de estradiol e declínio neuromuscular em mulheres pós-menopausa, embora a ausência de padronização metodológica limite a robustez das conclusões disponíveis.

Palavras-chave: Sarcopenia. Estradiol. Menopausa. Desempenho muscular. Envelhecimento feminino.

ABSTRACT

Female aging represents a major public health challenge, particularly due to increased life expectancy and the prolonged exposure of women to physiological changes associated with menopause. During this period, the decline in estradiol levels promotes systemic alterations that directly affect the musculoskeletal system, influencing muscle mass, muscle strength, and physical performance. These changes may contribute to the development of sarcopenia, a condition associated with reduced autonomy and impaired quality of life in older women. In this context, the present study aimed to analyze the association between serum estradiol levels and neuromuscular performance parameters in postmenopausal women with sarcopenia, considering the methods used for hormonal and functional assessment. This study consisted of a systematic literature review conducted in accordance with the PRISMA guidelines. The search was carried out in the PubMed, Scopus, Web of Science, and PEDro databases, including observational studies and clinical trials published between 2020 and 2025 in Portuguese, English, and Spanish. At the end of the selection process, nine studies were included in the analysis. The findings demonstrated that reduced estradiol levels were predominantly associated with decreased muscle mass, reduced muscle strength, and poorer physical performance. However, substantial methodological heterogeneity was observed among the studies, particularly regarding hormonal assay methods, diagnostic criteria for sarcopenia, and neuromuscular assessment instruments. It is concluded that evidence supports an association between reduced estradiol levels and neuromuscular decline in postmenopausal women, although the lack of methodological standardization limits the robustness of the available conclusions.

Key words: Sarcopenia. Estradiol. Menopause. Muscle performance. Female aging.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mecanismo de ação do estradiol por meio dos receptores nucleares.....	17
Figura 2 – Exemplo de fluxograma PRISMA.....	27
Figura 3 – Fluxograma de seleção da amostra.....	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Caracterização geral dos estudos incluídos.....	30
Quadro 2 – Síntese dos resultados quanto à relação entre estradiol e parâmetros neuromusculares.....	31
Quadro 3 – Comparação dos métodos de mensuração do estradiol e instrumentos de avaliação neuromuscular.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DeCS	Descritores em Ciências da Saúde
DXA	Absorciometria por dupla energia de raios X
FSH	Hormônio folículo-estimulante
LH	Hormônio luteinizante
MeSH	<i>Medical Subject Headings</i>
PEDro	<i>Physiotherapy Evidence Database</i>
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>
SPPB	<i>Short Physical Performance Battery</i>
UNDB	Unidade de Ensino Superior Dom Bosco
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	PROCESSO DE ENVELHECIMENTO FEMININO	15
2.1	Perimenopausa e alterações hormonais	16
2.2	Estradiol e sistema musculoesquelético	18
2.3	Sarcopenia no envelhecimento feminino	19
2.4	Associação entre estradiol e desempenho muscular	22
3	OBJETIVOS	25
3.1	Geral	25
3.2	Específicos	25
4	METODOLOGIA	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
	REFERÊNCIAS	37
	APÊNDICE A – Artigo Científico	41

1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional constitui um dos fenômenos demográficos mais marcantes do século XXI, com importantes repercussões nas esferas social, econômica e sanitária. No Brasil e em diversos países, observa-se um crescimento progressivo da população idosa, acompanhado pelo aumento da expectativa de vida, especialmente entre as mulheres. Esse cenário tem ampliado o interesse científico na investigação dos fatores biológicos envolvidos no envelhecimento, bem como na compreensão das condições que influenciam a manutenção da saúde e da capacidade funcional ao longo da vida (Araújo et al., 2021).

No contexto do envelhecimento feminino, a transição menopausal representa um marco fisiológico relevante. A menopausa caracteriza-se pela interrupção permanente da função ovariana, resultando em uma queda significativa na produção de hormônios sexuais, particularmente do estradiol. Essa redução hormonal está associada a diversas alterações sistêmicas que extrapolam o sistema reprodutivo, afetando o metabolismo, a composição corporal e a função musculoesquelética (Faubion et al., 2022).

Dentre os sistemas influenciados pelos estrogênios, destaca-se o sistema musculoesquelético. Evidências científicas indicam que o estradiol desempenha papel importante na regulação da massa muscular, na integridade estrutural das fibras musculares e na modulação de processos metabólicos relacionados à função muscular. Além disso, esse hormônio exerce efeitos sobre o sistema nervoso, participando da modulação da excitabilidade neuronal, da plasticidade sináptica e do controle motor (Cho et al., 2022).

Sob essa perspectiva, a redução dos níveis de estradiol observada após a menopausa pode contribuir para alterações no desempenho neuromuscular. Esse desempenho refere-se à capacidade do sistema neuromuscular de produzir força, potência e controle adequado do movimento, sendo resultado da interação entre mecanismos neurais e propriedades contráteis do músculo esquelético. Alterações nesses mecanismos podem comprometer a eficiência da produção de força e a execução de tarefas motoras essenciais para a manutenção da independência funcional (Santos; Andrade; Bueno, 2009).

Entre as condições associadas ao declínio da função muscular no envelhecimento, destaca-se a sarcopenia, definida como uma síndrome caracterizada pela perda progressiva de massa muscular esquelética, acompanhada da redução da força e do desempenho físico. Trata-se de um importante problema de saúde pública, associado ao aumento do risco de quedas, incapacidade funcional, hospitalizações e mortalidade. Estudos indicam que essa condição

apresenta elevada prevalência em mulheres após a menopausa, sugerindo uma possível relação entre a deficiência estrogênica e o comprometimento da função muscular (Clark; Manini, 2008).

Apesar dos avanços na compreensão do envelhecimento musculoesquelético, ainda persiste uma lacuna na literatura quanto à influência específica dos hormônios sexuais sobre o desempenho neuromuscular em mulheres idosas. Observa-se que parte dos estudos investiga isoladamente aspectos hormonais ou parâmetros de função muscular, o que dificulta uma análise integrada das possíveis associações entre esses fatores. Dessa forma, torna-se relevante sistematizar as evidências disponíveis acerca da relação entre níveis de estradiol e desempenho neuromuscular em mulheres pós-menopausa com sarcopenia.

A escolha do tema fundamenta-se na necessidade de aprofundar a compreensão dos mecanismos fisiológicos envolvidos no declínio da função neuromuscular no envelhecimento feminino, especialmente diante do aumento da longevidade das mulheres. A melhor compreensão dessa relação pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias clínicas e terapêuticas voltadas à preservação da funcionalidade e da qualidade de vida dessa população.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo analisar a associação entre os níveis de estradiol e o desempenho neuromuscular em mulheres idosas com sarcopenia. Especificamente, buscou-se identificar estudos observacionais e ensaios clínicos que investigaram essa relação, bem como analisar a associação entre os níveis séricos de estradiol e desfechos como força muscular, potência e desempenho físico.

Para alcançar esse objetivo, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, conduzida conforme as recomendações do protocolo PRISMA. A busca foi realizada em bases de dados científicas da área da saúde, contemplando apenas estudos observacionais e ensaios clínicos que investigaram a relação entre os níveis de estradiol e o desempenho neuromuscular em mulheres pós-menopausa com déficit de funcionalidade global seguida da extração e análise qualitativa dos dados encontrados.

Para melhor organização, este trabalho foi estruturado em seções. A introdução apresenta a contextualização do tema, a justificativa e os objetivos da pesquisa. Em seguida, a fundamentação teórica aborda o envelhecimento feminino, a transição menopausal, a sarcopenia, o desempenho neuromuscular e a relação entre estradiol e função muscular. Posteriormente, são apresentados os objetivos, a metodologia, os resultados e a discussão dos achados. Por fim, são descritas as considerações finais do estudo.

2 PROCESSO DE ENVELHECIMENTO FEMININO

O envelhecimento constitui um processo biológico de alterações intrínsecas progressivo, dinâmico e multifatorial, caracterizado pela redução gradual da capacidade funcional dos sistemas orgânicos e pela diminuição da reserva fisiológica necessária à manutenção da homeostase. Trata-se de um fenômeno universal, porém heterogêneo, cuja expressão clínica e funcional resulta da interação entre fatores genéticos, epigenéticos, ambientais e hormonais (Santos; Andrade; Bueno, 2006).

De acordo com López-Otín et al. (2023), o envelhecimento está associado a uma série de mecanismos celulares e moleculares conhecidos como “marcos do envelhecimento”, dentre os quais se destacam o encurtamento dos telômeros, a instabilidade genômica, as alterações epigenéticas, a disfunção mitocondrial, a perda de proteostase e o aumento do estresse oxidativo. Esses processos contribuem para a deterioração estrutural e funcional dos tecidos, afetando particularmente sistemas altamente dependentes de integridade metabólica, como o sistema nervoso, o musculoesquelético e o endócrino.

No cenário demográfico, observa-se um crescimento expressivo da população idosa, especialmente entre mulheres. Dados da Organização Mundial da Saúde indicam que as mulheres apresentam maior expectativa de vida quando comparadas aos homens, fenômeno conhecido como feminização da velhice (Nações Unidas, 2015). Essa maior longevidade implica maior exposição às alterações fisiológicas relacionadas ao envelhecimento e às doenças crônicas não transmissíveis, tornando essencial a compreensão das especificidades biológicas do envelhecimento feminino.

Diferentemente do envelhecimento masculino, que ocorre de forma mais gradual no eixo gonadal, o envelhecimento feminino apresenta uma transição endocrinológica marcante: a menopausa. Definida como a cessação permanente da menstruação decorrente da falência ovariana, a menopausa representa um marco biológico que desencadeia profundas modificações sistêmicas (Faubion et al., 2022). A queda abrupta na produção de estrogênio e progesterona promove reorganização do eixo hipotálamo-hipófise-ovariano, com repercussões metabólicas, musculares, ósseas e neurais.

A redução estrogênica está associada à alteração da composição corporal, caracterizada pelo aumento da adiposidade central e pela diminuição da massa magra, além de influenciar negativamente a densidade mineral óssea. Simultaneamente, observa-se declínio progressivo da força muscular, fenômeno que pode estar relacionado tanto à sarcopenia associada à idade quanto à modulação hormonal do tecido muscular (Khosla; Melton, 2015).

Além das alterações estruturais, o envelhecimento feminino envolve modificações neurofisiológicas que podem impactar a coordenação motora, o equilíbrio postural e o tempo de resposta neuromuscular. Evidências sugerem que o estrogênio possui efeitos neuroprotetores, influenciando a plasticidade sináptica, a modulação de neurotransmissores e a função mitocondrial cerebral (Beaudart et al., 2014). Dessa forma, sua redução pode contribuir para alterações no desempenho motor e na funcionalidade global.

É importante ressaltar que o envelhecimento feminino não deve ser interpretado exclusivamente como processo de declínio. A heterogeneidade do envelhecimento indica que fatores como nível de atividade física, estado nutricional, suporte social e acesso à saúde influenciam significativamente o desfecho funcional (Walston, 2012). Entretanto, do ponto de vista fisiológico, a reorganização hormonal pós-menopausa constitui um elemento central na compreensão das transformações estruturais e funcionais que ocorrem nesse período.

Assim, o processo de envelhecimento feminino caracteriza-se por uma interação complexa entre alterações celulares, reorganizações endócrinas e modificações sistêmicas que podem repercutir sobre o controle motor e a funcionalidade. A compreensão dessas bases biológicas é essencial para fundamentar a análise das interações entre sistema endócrino, desempenho motor e autonomia funcional, eixo central deste estudo.

2.1 Perimenopausa e alterações hormonais

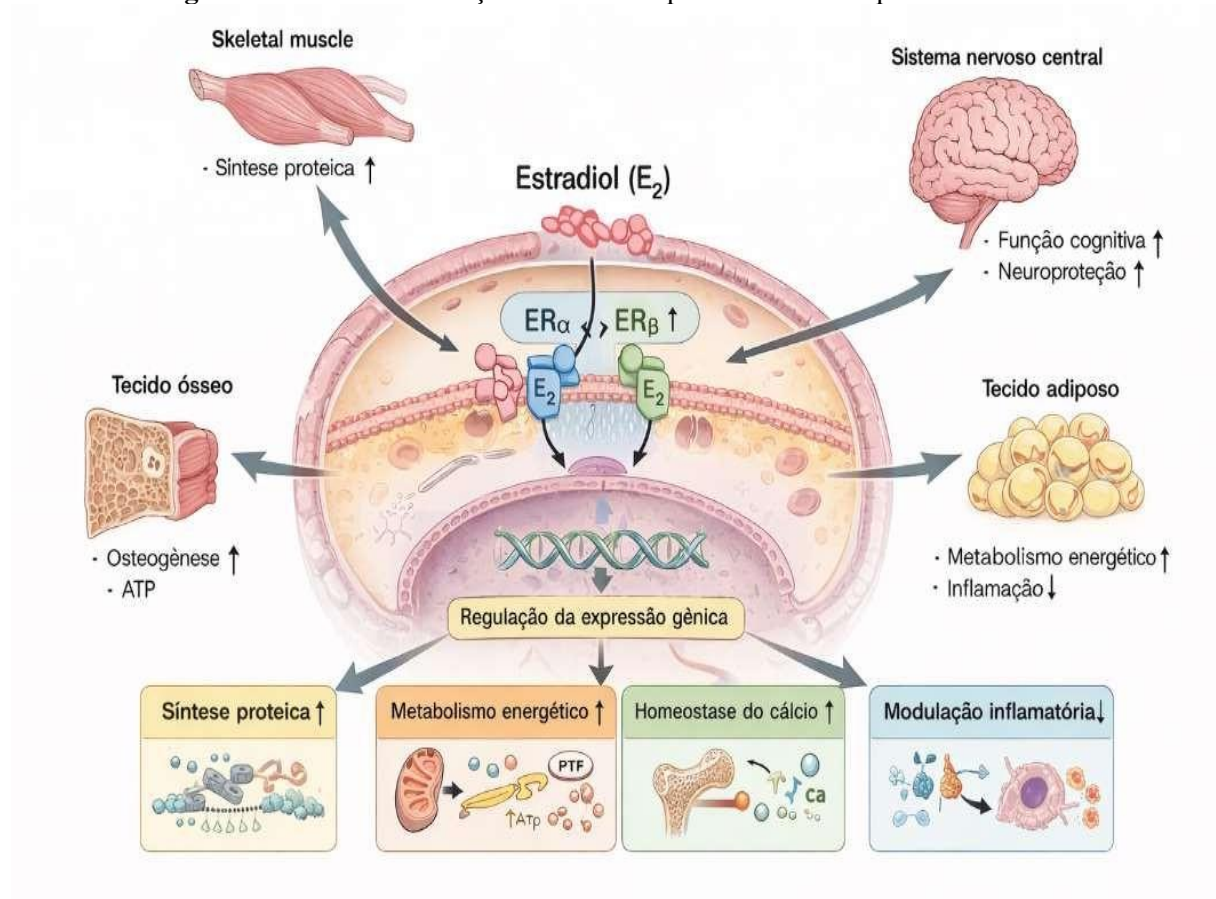
A transição menopausal corresponde ao período de mudanças endócrinas que antecede e sucede a menopausa, sendo caracterizada por alterações progressivas na função ovariana e na regulação do eixo hipotálamo-hipófise-ovariano. Esse processo culmina na menopausa, definida clinicamente como a cessação permanente da menstruação após doze meses consecutivos de amenorreia, decorrente da falência folicular ovariana (Lu; Tian, 2023). Durante essa transição ocorre redução progressiva da produção de estrogênios, especialmente do estradiol, acompanhada por elevação compensatória das gonadotrofinas, principalmente do hormônio folículo-estimulante (FSH) e do hormônio luteinizante (LH).

O estradiol constitui o principal estrogênio biologicamente ativo durante o período reprodutivo feminino e exerce papel regulador em diversos sistemas fisiológicos. A produção desse hormônio ocorre predominantemente nos ovários por meio da aromatização de andrógenos nas células da granulosa. Com o avanço da idade e a redução da reserva folicular, ocorre diminuição da capacidade ovariana de produção hormonal, resultando em queda

progressiva dos níveis circulantes de estradiol e alterações no padrão cíclico de secreção hormonal (Geraci et al., 2021).

Essas alterações hormonais não se restringem ao sistema reprodutivo, produzindo efeitos sistêmicos que afetam múltiplos tecidos e sistemas corporais. O estrogênio atua por meio da ligação a receptores nucleares específicos, principalmente $ER\alpha$ e $ER\beta$, presentes em diversos tecidos, incluindo músculo esquelético, tecido ósseo, sistema nervoso central e tecido adiposo. Por meio desses receptores, o estradiol regula processos celulares relacionados à síntese proteica, metabolismo energético, homeostase do cálcio e modulação inflamatória (Figura 1) (Zhang et al., 2023).

Figura 1- Mecanismo de ação do estradiol por meio dos receptores nucleares.



Fonte: Imagem gerada com auxílio de inteligência artificial, elaborada pelo autor (2026).

No contexto do envelhecimento feminino, a redução estrogênica está associada a modificações importantes na composição corporal. Observa-se aumento da adiposidade central, redução da massa magra e alterações no metabolismo lipídico e glicídico. Essas mudanças podem contribuir para maior risco cardiometabólico e para a redução da capacidade física,

especialmente quando associadas ao processo de envelhecimento muscular relacionado à idade (Khosla; Melton, 2015).

Além das alterações metabólicas, a queda dos níveis de estradiol pode influenciar diretamente a fisiologia do músculo esquelético. Evidências indicam que o estrogênio participa da manutenção da integridade das fibras musculares e da regulação da resposta adaptativa ao exercício físico. A deficiência hormonal observada após a menopausa tem sido associada à redução da qualidade muscular, aumento da suscetibilidade ao estresse oxidativo e diminuição da capacidade de regeneração muscular (Lu; Tian, 2023).

Outro aspecto relevante refere-se às alterações no sistema nervoso. O estradiol exerce efeitos neuroprotetores e participa da modulação da plasticidade sináptica, da função mitocondrial e da regulação de neurotransmissores. Receptores estrogênicos foram identificados em diversas regiões cerebrais relacionadas ao controle motor, sugerindo que a redução hormonal pode influenciar processos neurais envolvidos na coordenação motora e na eficiência do recrutamento neuromuscular (Geraci et al., 2021).

Dessa forma, a transição menopausal representa um período de reorganização hormonal significativa que pode produzir repercussões metabólicas, musculares e neurais. A redução progressiva dos níveis de estradiol cria um ambiente fisiológico caracterizado por menor capacidade anabólica e maior vulnerabilidade ao declínio funcional. Nesse contexto, compreender as alterações hormonais associadas à menopausa torna-se fundamental para analisar sua possível relação com o desempenho neuromuscular e com o desenvolvimento de condições como a sarcopenia em mulheres pós-menopausa.

2.2 Estradiol e sistema musculoesquelético

O estradiol constitui o principal estrogênio biologicamente ativo no organismo feminino e exerce papel relevante na regulação de diversos processos fisiológicos, incluindo metabolismo energético, manutenção da massa óssea e função neuromuscular. Durante a vida reprodutiva, os níveis desse hormônio são relativamente estáveis e contribuem para a manutenção da integridade muscular e da função neural. Entretanto, após a menopausa ocorre redução significativa da produção ovariana de estradiol, resultando em alterações sistêmicas que podem influenciar o desempenho físico e neuromuscular de mulheres idosas (Khosla; Melton, 2015).

A literatura científica sugere que o estradiol desempenha papel modulador importante na fisiologia do músculo esquelético. Esse hormônio atua por meio de receptores

estrogênicos presentes no tecido muscular, influenciando processos como síntese proteica, regeneração muscular e resposta inflamatória após lesão. Além disso, o estradiol parece contribuir para a preservação da qualidade do músculo, favorecendo a capacidade de geração de força pelas fibras musculares, mesmo sem alterações expressivas na massa muscular total (Araújo et al., 2021).

Com o avanço da idade e a transição menopausal, a queda dos níveis de estradiol tem sido associada ao declínio da força muscular e à piora do desempenho neuromuscular. Estudos observacionais indicam que a redução hormonal pode contribuir para alterações na qualidade muscular, aumento do estresse oxidativo e maior susceptibilidade à fadiga. Essas modificações podem comprometer a capacidade de gerar força e potência muscular, variáveis fundamentais para o desempenho de tarefas funcionais e para a manutenção da independência física em mulheres idosas (Faubion et al., 2022).

Evidências provenientes de revisões sistemáticas e meta-análises também apontam uma possível relação entre níveis de estrogênio e desempenho muscular em mulheres pós-menopausa. Em uma meta-análise que comparou mulheres que utilizavam terapia hormonal baseada em estrogênio com aquelas que não utilizavam, observou-se efeito positivo, ainda que modesto, sobre a força muscular. Os resultados indicaram aproximadamente 5% maior força em mulheres expostas ao estrogênio, sugerindo que a presença hormonal pode influenciar a capacidade contrátil do músculo esquelético (Cruz-Jentoft et al., 2019).

Além dos efeitos diretos sobre o tecido muscular, o estradiol também pode influenciar componentes neurais do sistema neuromuscular. Pesquisas indicam que receptores estrogênicos estão presentes em diferentes estruturas do sistema nervoso, incluindo regiões relacionadas ao controle motor. A modulação hormonal pode afetar a excitabilidade neuronal, a transmissão sináptica e a coordenação do recrutamento de unidades motoras, fatores que contribuem para a eficiência da contração muscular e para o desempenho motor global (Osterdahl et al., 2025).

Assim, o estradiol pode ser compreendido como um modulador relevante da função neuromuscular ao longo do envelhecimento feminino. A análise das evidências disponíveis sobre a relação entre níveis hormonais e desempenho neuromuscular em mulheres pós-menopausa com sarcopenia contribui para ampliar a compreensão dos fatores biológicos associados ao declínio funcional e pode fornecer subsídios para estratégias de prevenção e intervenção voltadas à manutenção da capacidade física nessa população.

2.3 Sarcopenia no envelhecimento feminino

A sarcopenia é definida como uma síndrome muscular progressiva e generalizada associada ao envelhecimento, caracterizada pela redução da massa muscular esquelética, diminuição da força muscular e comprometimento do desempenho físico. Trata-se de uma condição multifatorial que envolve alterações estruturais, metabólicas, hormonais e neuromusculares, sendo considerada um dos principais determinantes da perda de funcionalidade e independência na população idosa (Cruz-Jentoft et al., 2019).

No envelhecimento feminino, a sarcopenia apresenta particularidades fisiológicas relevantes, principalmente em função das alterações endócrinas associadas à transição menopausal. A redução progressiva da produção de estrogênios, especialmente do estradiol, exerce impacto direto sobre o metabolismo muscular. Evidências experimentais e clínicas indicam que os estrogênios possuem papel regulador na síntese proteica muscular, na regeneração das fibras musculares e na manutenção da função contrátil. Dessa forma, a queda abrupta desses hormônios durante a menopausa pode acelerar processos catabólicos no músculo esquelético, contribuindo para a redução da massa e da qualidade muscular (Fielding et al., 2011).

Do ponto de vista fisiológico, o envelhecimento muscular envolve alterações profundas na composição e na arquitetura do tecido muscular. Observa-se redução progressiva da área de secção transversal das fibras musculares, diminuição do número total de fibras e substituição gradual do tecido contrátil por tecido adiposo e conjuntivo, processo denominado infiltração gordurosa ou miosteatose. Essas alterações comprometem não apenas a quantidade de massa muscular, mas também sua qualidade e eficiência funcional (Lu; Tian, 2023).

Entre os tipos de fibras musculares, as fibras do tipo II (rápidas), responsáveis pela produção de força e potência muscular, são particularmente afetadas pelo envelhecimento. Estudos histológicos demonstram que essas fibras sofrem atrofia seletiva e redução significativa em número, fenômeno associado à degeneração de unidades motoras e à redução da capacidade de recrutamento neural. Essa perda é considerada um dos principais fatores responsáveis pela diminuição da potência muscular e pela maior incidência de quedas em idosos (Goodpaster et al., 2006).

Outro mecanismo importante no desenvolvimento da sarcopenia envolve alterações na homeostase proteica muscular. O equilíbrio entre síntese e degradação de proteínas musculares tende a ser prejudicado com o avanço da idade, resultando em balanço proteico negativo. Entre os fatores associados a esse processo destacam-se a resistência anabólica, caracterizada pela redução da resposta do músculo aos estímulos anabólicos, como ingestão

proteica e exercício físico, e o aumento da atividade de vias catabólicas relacionadas ao sistema ubiquitina-proteassoma e à autofagia (Beaudart et al., 2014).

Além disso, processos inflamatórios crônicos de baixo grau, frequentemente observados no envelhecimento, desempenham papel relevante na fisiopatologia da sarcopenia. A elevação persistente de citocinas pró-inflamatórias, como interleucina-6 (IL-6), fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) e proteína C-reativa (PCR), pode favorecer a degradação proteica muscular, inibir a síntese proteica e contribuir para a perda de massa muscular ao longo do tempo (Schaap et al., 2009).

Alterações metabólicas também estão envolvidas nesse processo. A resistência à insulina, frequentemente observada em indivíduos idosos, reduz a capacidade desse hormônio de estimular a captação de glicose e a síntese proteica no músculo esquelético. Esse mecanismo contribui para a diminuição da eficiência metabólica muscular e para o desenvolvimento de fraqueza muscular progressiva (Beaudart et al., 2014).

No envelhecimento feminino, a deficiência estrogênica potencializa diversos desses mecanismos fisiopatológicos. O estradiol exerce efeitos protetores sobre o músculo esquelético por meio da modulação de vias antioxidantes, da regulação da função mitocondrial e da influência sobre processos inflamatórios. Além disso, estudos demonstram que os estrogênios podem atuar na preservação da integridade das membranas musculares e na modulação da excitabilidade neuromuscular, fatores importantes para a manutenção da função contrátil (Cho et al., 2022).

Outro aspecto relevante diz respeito às alterações neuromusculares associadas ao envelhecimento. Observa-se redução progressiva no número de motoneurônios alfa na medula espinhal, levando à perda de unidades motoras funcionais. Em resposta a esse processo, ocorre reinervação parcial das fibras musculares por motoneurônios remanescentes, resultando em unidades motoras maiores, porém menos eficientes em termos de controle fino da contração muscular. Essas mudanças contribuem para a diminuição da força muscular e da coordenação motora (Manini e Clark, 2012).

No contexto clínico e epidemiológico, a sarcopenia apresenta elevada prevalência entre mulheres idosas. Estimativas indicam que aproximadamente 10% a 27% dos indivíduos acima de 60 anos podem apresentar a condição, dependendo dos critérios diagnósticos utilizados e das características da população estudada. Em mulheres pós-menopausa, essa prevalência pode ser ainda maior devido à interação entre envelhecimento fisiológico, deficiência hormonal e redução dos níveis de atividade física (Faubion et al., 2022).

Entre os principais instrumentos utilizados na avaliação clínica estão a dinamometria para mensuração da força de preensão manual, a análise da composição corporal por absorciometria por dupla energia (DXA) ou bioimpedância elétrica, e testes funcionais como o *Short Physical Performance Battery* (SPPB), velocidade de marcha e teste de levantar-se da cadeira (Cruz-Jentoft et al., 2019).

Diante desse cenário, compreender os mecanismos fisiopatológicos envolvidos na sarcopenia no envelhecimento feminino torna-se essencial para o desenvolvimento de estratégias preventivas e terapêuticas mais eficazes. Nesse contexto, a investigação da possível associação entre níveis de estradiol e parâmetros de desempenho neuromuscular em mulheres pós-menopausa tem ganhado relevância na literatura científica, uma vez que pode contribuir para esclarecer aspectos hormonais envolvidos na manutenção da função muscular nessa população.

2.4 Associação entre estradiol e desempenho neuromuscular

A relação entre estradiol e desempenho neuromuscular tem sido progressivamente investigada na literatura científica como um dos mecanismos fisiológicos que podem explicar parte do declínio funcional observado em mulheres após a menopausa. O estradiol, principal estrogênio circulante durante o período reprodutivo feminino, apresenta ampla atuação sistêmica, incluindo efeitos diretos e indiretos sobre o tecido muscular, sobre o sistema nervoso e sobre a comunicação neuromuscular. Dessa forma, a redução acentuada desse hormônio após a menopausa representa um importante fator biológico potencialmente envolvido nas alterações da função muscular e do desempenho físico no envelhecimento feminino (Geraci et al., 2021). No nível muscular, o estradiol exerce influência por meio da ativação de receptores estrogênicos presentes no músculo esquelético. Esses receptores participam da regulação de processos celulares fundamentais, como síntese proteica, metabolismo energético e manutenção da integridade estrutural das fibras musculares. Estudos experimentais demonstram que o estradiol pode modular a atividade de vias intracelulares relacionadas ao crescimento e à preservação do tecido muscular, além de contribuir para a estabilidade das membranas celulares e para a proteção contra danos induzidos por estresse oxidativo (Macedo, Rocha e Baldo, 2025).

A literatura também evidencia que o estradiol desempenha papel relevante na qualidade muscular, conceito que envolve não apenas a quantidade de massa muscular, mas também propriedades contráteis, eficiência metabólica e capacidade de produção de força. A deficiência estrogênica pode favorecer alterações na composição do tecido muscular, incluindo

maior infiltração de tecido adiposo intramuscular e redução da eficiência contrátil das fibras musculares, fatores que contribuem para a diminuição da força e da potência muscular (Visser et al., 2002).

Além dos efeitos periféricos no músculo esquelético, o estradiol exerce influência significativa sobre o sistema nervoso central e periférico. Evidências indicam que os estrogênios participam da modulação da excitabilidade neuronal, da plasticidade sináptica e da função das vias motoras descendentes. Esses efeitos podem influenciar diretamente a capacidade de recrutamento de unidades motoras, a coordenação intermuscular e a eficiência da ativação muscular durante a execução de movimentos (Walston, 2012).

Outro mecanismo fisiológico importante refere-se à manutenção da integridade da junção neuromuscular. Estudos experimentais sugerem que o estradiol pode contribuir para a estabilidade estrutural dessa interface entre nervo e músculo, favorecendo a organização da placa motora e a eficiência da transmissão sináptica. A redução dos níveis hormonais no período pós-menopausa pode comprometer esses processos, resultando em menor eficiência na comunicação neuromuscular e contribuindo para a redução da capacidade de geração de força (Doherty, 2023).

Adicionalmente, o estradiol exerce efeitos moduladores sobre processos inflamatórios e sobre o estresse oxidativo, fatores amplamente associados ao envelhecimento muscular. O hormônio apresenta propriedades antioxidantes e pode reduzir a produção de espécies reativas de oxigênio, além de modular a expressão de citocinas inflamatórias. Esses mecanismos podem contribuir para a preservação da função muscular e da integridade neuromuscular ao longo do envelhecimento (Khosla; Melton, 2015).

No contexto clínico e epidemiológico, diversos estudos têm investigado a associação entre níveis séricos de estradiol e parâmetros de desempenho neuromuscular em mulheres pós-menopausa. Resultados de estudos observacionais indicam que níveis hormonais mais baixos tendem a estar associados a menor força muscular, menor potência e pior desempenho em testes funcionais. Parâmetros frequentemente utilizados para avaliar essas associações incluem força de preensão manual, força de membros inferiores, velocidade de marcha, testes de levantar da cadeira e baterias de desempenho físico, como o Short Physical Performance Battery (SPPB) (Cruz-Jentoft et al., 2019).

Essas evidências tornam-se particularmente relevantes quando analisadas no contexto da sarcopenia, condição caracterizada pela perda progressiva de massa e função muscular. Em mulheres pós-menopausa, a deficiência estrogênica pode atuar como um fator que potencializa mecanismos fisiopatológicos envolvidos no desenvolvimento dessa síndrome,

incluindo redução da síntese proteica muscular, alterações na regeneração muscular e comprometimento da função neuromuscular (Zhang et al., 2023).

Nesse cenário, a análise da associação entre níveis de estradiol e parâmetros de desempenho neuromuscular permite integrar os diferentes aspectos discutidos ao longo deste referencial teórico: as alterações hormonais da transição menopausal, os processos fisiológicos envolvidos na sarcopenia e as mudanças neuromusculares associadas ao envelhecimento. A compreensão dessa interface é fundamental para elucidar possíveis mecanismos biológicos responsáveis pelo declínio da função muscular em mulheres idosas.

Dessa forma, investigar as evidências científicas disponíveis sobre essa associação contribui para ampliar o entendimento sobre os determinantes hormonais do desempenho neuromuscular no envelhecimento feminino. Além disso, esse conhecimento pode fornecer bases teóricas relevantes para o desenvolvimento de estratégias preventivas e terapêuticas voltadas à preservação da função muscular, à manutenção da autonomia e à promoção de um envelhecimento mais saudável em mulheres pós-menopausa

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Analisar a associação entre níveis de estradiol e desempenho neuromuscular em mulheres idosas com sarcopenia.

3.2 Específicos

- a) Identificar estudos que investigaram níveis de estradiol em mulheres idosas com sarcopenia;
- b) Descrever os métodos de mensuração do estradiol e dos desfechos neuromusculares;
- c) Comparar os principais achados quanto à relação entre níveis hormonais e desempenho muscular;
- d) Analisar a consistência e as limitações metodológicas dos estudos incluídos;
- e) Sintetizar as evidências disponíveis sobre a associação entre estradiol e função neuromuscular.

4 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), desenvolvido no curso de Fisioterapia do Centro Universitário Dom Bosco (UNDB), sob orientação da Prof.^a Me. Janice Regina Moreira Bastos. O estudo caracteriza-se como uma revisão sistemática com síntese qualitativa e análise crítica dos estudos incluídos, e tem como objetivo analisar a associação entre níveis de estradiol e o desempenho neuromuscular em mulheres pós-menopausa com sarcopenia.

A condução da revisão seguiu as recomendações do protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), para maior organização e sistematização das etapas. A questão de pesquisa foi estruturada considerando a população de mulheres idosas com sarcopenia, a exposição relacionada aos níveis de estradiol e os desfechos voltados ao desempenho neuromuscular, incluindo força muscular, potência e desempenho físico.

A busca dos estudos foi realizada nas bases de dados *PubMed/MEDLINE*, *Springer Nature Link* e *Science direct*, selecionadas por sua relevância na área da saúde. Foram utilizados descritores controlados (DeCS/MeSH) relacionadas ao tema, como “estradiol/estradiol”, “estrogênio/estrogen”, “menopausa/menopause”, “sarcopenia/sarcopenia”, “força muscular/muscle strength” e “desempenho físico/physical performance”.

A estratégia de busca foi estruturada em blocos temáticos e adaptada conforme as especificidades de cada base, garantindo maior sensibilidade e abrangência na identificação dos estudos. A busca foi realizada no período de março de 2026, considerando estudos publicados entre os anos de 2020 e 2025.

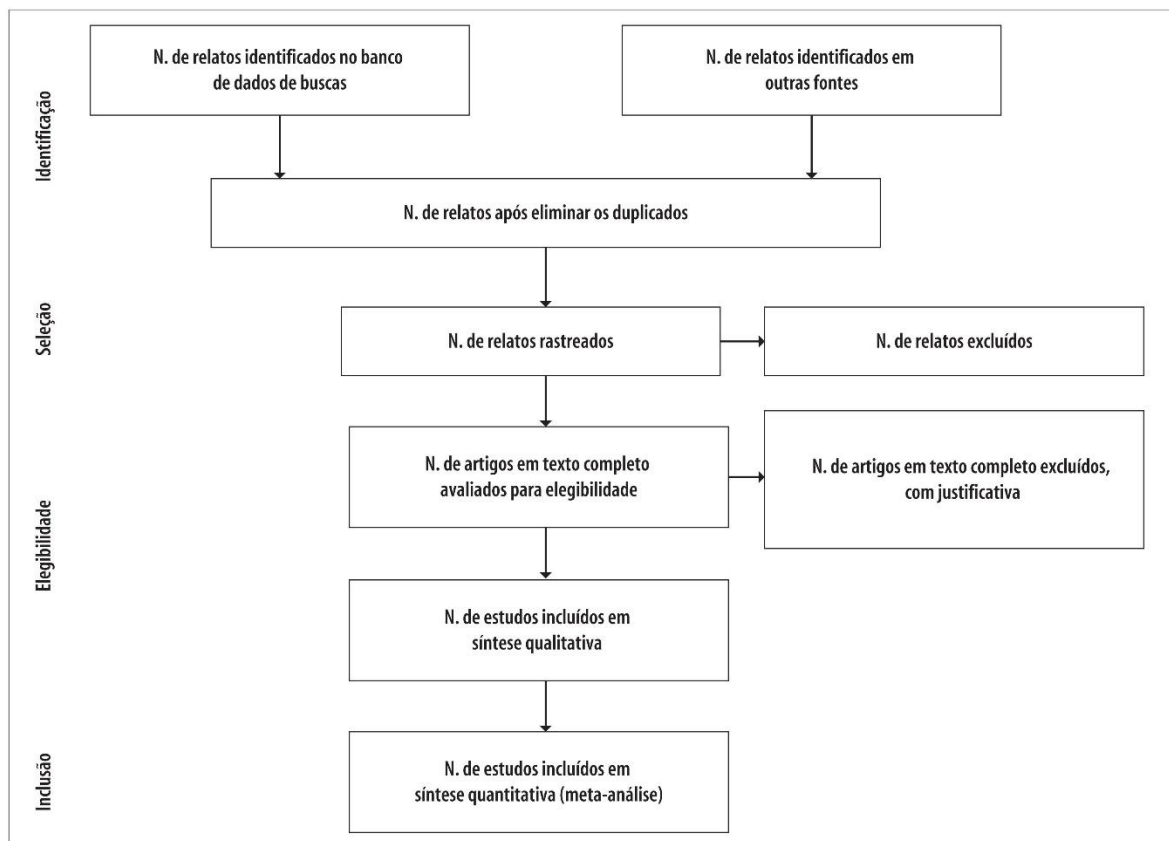
Foram incluídos estudos originais, com delineamento observacional (transversal, coorte e caso-controle) e ensaios clínicos, que investigaram mulheres idosas com diagnóstico de sarcopenia, que apresentassem mensuração objetiva dos níveis séricos de estradiol por métodos laboratoriais validados, bem como avaliação do desempenho neuromuscular por meio de instrumentos padronizados, como dinamometria, testes funcionais ou medidas de desempenho físico.

Foram excluídos e pesquisas que não apresentaram avaliação objetiva dos desfechos neuromusculares mensuráveis, além daqueles com dados insuficientes para extração e análise, garantindo assim maior homogeneidade e consistência metodológica dos estudos selecionados.

Nesse contexto, a revisão foi conduzida com base em princípios de transparência, reprodutibilidade e rigor científico, visando reduzir vieses e garantir maior confiabilidade aos achados. A relevância do estudo fundamentou-se na necessidade de integrar evidências relacionadas aos aspectos hormonais e aos desfechos musculares, contribuindo para minimizar a fragmentação do conhecimento e ampliar a compreensão dos determinantes fisiológicos do declínio muscular no envelhecimento feminino.

A seleção dos estudos foi realizada em etapas, iniciando pela leitura dos títulos, seguida da análise dos resumos e, por fim, leitura na íntegra dos artigos potencialmente elegíveis. O fluxo de seleção dos estudos foi apresentado por meio de fluxograma conforme as recomendações do PRISMA (Figura 2).

Figura 2 – Exemplo de fluxograma PRISMA.



Fonte: Galvão, Pansani, Harrad (2015).

A extração dos dados foi realizada de forma padronizada, incluindo informações como ano de publicação, país, tipo de estudo, características da amostra, método de dosagem do estradiol, critérios diagnósticos de sarcopenia, instrumentos utilizados para avaliação do desempenho neuromuscular e principais resultados encontrados. Os dados foram organizados em quadros, com o objetivo de facilitar a visualização e comparação entre os estudos.

A qualidade metodológica e o risco de viés dos estudos incluídos foram avaliados de acordo com o delineamento metodológico de cada pesquisa. Para os estudos observacionais, foi utilizada a Newcastle-Ottawa Scale (NOS), considerando critérios relacionados à seleção da amostra, comparabilidade entre os grupos, clareza dos critérios de elegibilidade, controle de variáveis de confusão e avaliação dos desfechos.

Para os ensaios clínicos, foi utilizada a escala PEDro, contemplando aspectos como randomização, comparabilidade inicial dos grupos, cegamento, seguimento dos participantes, análise por intenção de tratar e apresentação dos resultados. Além disso, foram considerados possíveis vieses metodológicos, como viés de seleção, viés de publicação, tamanho amostral reduzido e heterogeneidade nos métodos de avaliação hormonal e neuromuscular. Ao final, os estudos foram classificados como de qualidade metodológica alta, moderada ou baixa.

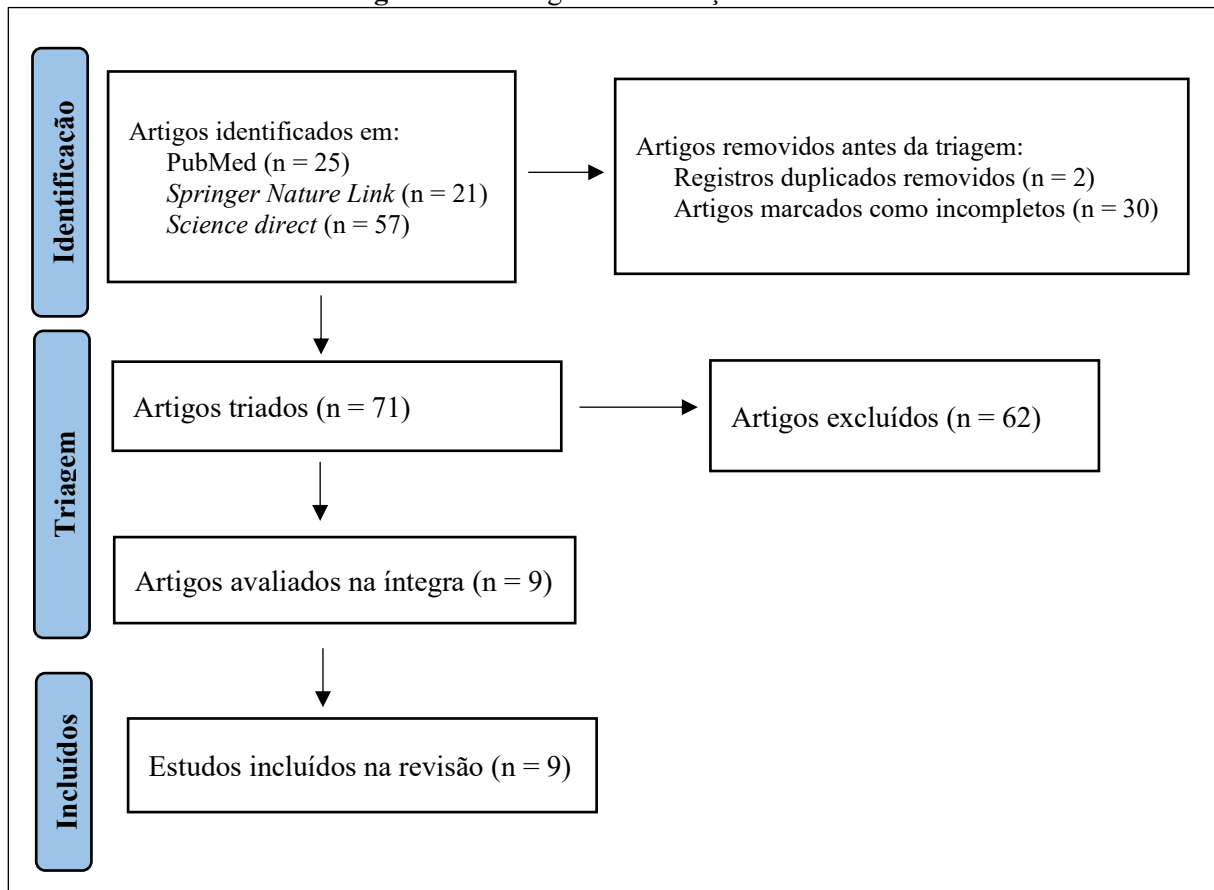
A análise dos dados foi realizada por meio de síntese qualitativa estruturada, considerando a heterogeneidade metodológica dos estudos incluídos. Os achados foram analisados de forma descritiva e comparativa, com foco na identificação da direção das associações entre níveis de estradiol e parâmetros de desempenho neuromuscular.

Os dados dos estudos foram assentados em quadros elaborados pelo autor, contendo informações como autor/ano, delineamento, amostra, método de dosagem de estradiol, critérios de sarcopenia, instrumentos de avaliação neuromuscular e principais resultados. O processo de seleção foi demonstrado por meio de fluxograma conforme o protocolo PRISMA, e os resultados foram apresentados destacando a direção das associações (positiva, negativa ou ausência de associação), bem como convergências, divergências e lacunas identificadas na literatura.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de seleção dos estudos seguiu as recomendações do checklist PRISMA, contemplando as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. Inicialmente, foram identificados 103 estudos nas bases de dados pesquisadas. Após a remoção de duplicatas e registros incompletos, permaneceram 71 registros, os quais foram submetidos à leitura de títulos e resumos, resultando na exclusão de 62 estudos por não atenderem aos critérios de elegibilidade. Ao final, 9 estudos foram incluídos na síntese qualitativa (figura 3).

Figura 3 - Fluxograma de seleção da amostra



Fonte: Autor (2026).

A partir da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos, foram selecionados nove estudos que compõem a amostra final desta revisão. Esses estudos apresentam diferentes delineamentos metodológicos, perfis populacionais e instrumentos de avaliação, permitindo uma visão abrangente acerca da relação entre os níveis de estradiol e os parâmetros de desempenho neuromuscular.

Além da caracterização geral, os estudos foram submetidos à avaliação da qualidade metodológica e do risco de viés, conforme o delineamento de cada pesquisa. A caracterização dos estudos incluídos, contemplando informações sobre autor, ano, delineamento, instrumentos utilizados, tamanho amostral, perfil clínico da população e qualidade metodológica, encontra-se apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Caracterização geral dos estudos incluídos.

Autor/ Ano	Delineamento	Qualidade metodológica	Instrumento	Amostra (n)	Perfil clínico
Rathnayake et al., 2021.	Transversal	NOS 8/9 (Alta)	Absorciometria de dupla energia por raios X, teste de força de preensão manual, teste de velocidade de marcha, avaliação hormonal.	350	Mulheres pré e pós-menopausa.
Guligowska et al., 2021.	Transversal	NOS 8/9 (Alta)	Análise de bioimpedância, teste de força de preensão manual, <i>teste Timed Up and Go</i> , <i>Short Physical Performance Battery</i> , avaliação hormonal.	100	Idosos (homens e mulheres).
Yin et al., 2022.	Transversal	NOS 7/9 (Alta)	Crítérios do <i>Asian Working Group for Sarcopenia</i> , exames laboratoriais bioquímicos.	2837	Mulheres idosas com sarcopenia.
Dalgaard et al., 2022.	Ensaio clínico	PEDro 8/10 (Alta)	Testes de força muscular, análise de composição corporal e avaliação hormonal.	~30-40	Mulheres pós-menopausa.
Mitoma et al., 2025.	Ensaio clínico	PEDro 8/10 (Alta)	Teste de sentar e levantar em 30 segundos, avaliação de força muscular, questionários de qualidade de vida, avaliação hormonal.	80	Mulheres com mais de 65 anos com osteoartrite.
Jin et al., 2024	Transversal	NOS 8/9 (Alta)	Absorciometria de dupla energia por raios X, dosagem sérica de estradiol	673	Mulheres pós-menopausa.
Zhao et al., 2021.	Transversal	NOS 7/9 (Alta)	Teste de força de preensão manual, análise bioquímica sérica.	3514	Idosos (homens e mulheres).
Vidigal et al., 2025.	Transversal	NOS 7/9 (Alta)	Absorciometria de dupla energia por raios X, teste de força de preensão manual, teste <i>Timed Up and Go</i> , avaliação hormonal.	98	Mulheres pós-menopausa.
Critchlow et al., 2025.	Coorte longitudinal	NOS 9/9 (Alta)	Absorciometria de dupla energia por raios X, teste de força de preensão manual, dosagem sérica de hormônios sexuais	319	Mulheres idosas

Fonte: Autor (2026).

Após a análise dos estudos, observa-se que a maioria possui delineamento transversal, com poucos estudos longitudinais ou de intervenção. As pesquisas focam

principalmente em mulheres em diferentes fases do envelhecimento, especialmente no período pós-menopausa, incluindo desde adultas de meia-idade até idosas com sarcopenia.

De modo geral, há uma padronização nos métodos, a massa muscular é frequentemente avaliada por absorciometria de dupla energia por raios X, enquanto a força e o desempenho físico são analisados por testes como preensão manual, velocidade de marcha e testes funcionais. Parte dos estudos também incluiu a dosagem sérica de estradiol, permitindo explorar sua relação com a função muscular, embora nem todos tenham feito essa associação de forma direta.

Em relação à qualidade metodológica, os estudos apresentaram, predominantemente, qualidade alta, segundo as escalas *Newcastle-Ottawa* e PEDro. Diante disso, a síntese dos principais achados dos estudos incluídos é apresentada no Quadro 2 a seguir, com o objetivo de facilitar a visualização das relações identificadas entre estradiol e os desfechos neuromusculares.

Quadro 2 – Síntese dos resultados quanto à relação entre estradiol e parâmetros neuromusculares.

Autor/ Ano	Avaliação do estradiol	Desfecho neuromuscular	Principais achados
Rathnayake et al., 2021.	Sim	Massa muscular, força de preensão, desempenho físico	Níveis reduzidos de estradiol estiveram associados a menor massa muscular, menor força de preensão e pior desempenho físico.
Guligowska et al., 2021.	Parcial	Força, desempenho físico.	A relação entre hormônios e parâmetros de sarcopenia foi variável, sem padrão consistente entre os desfechos analisados.
Yin et al., 2022.	Parcial	Massa muscular.	Foram observadas associações com marcadores hormonais, porém sem avaliação direta dos níveis de estradiol.
Dalgaard et al., 2022.	Parcial	Força e massa muscular.	A modulação hormonal esteve relacionada à melhora na resposta muscular ao exercício, sugerindo influência positiva no desempenho.
Mitoma et al., 2025.	Sim	Desempenho físico e força.	O estudo propõe melhora da função muscular com terapia estrogênica, porém não apresenta resultados clínicos por se tratar de protocolo.
Jin et al., 2024	Sim	Massa muscular.	Foi identificada associação entre níveis de estradiol e massa muscular, com comportamento não linear, sugerindo que níveis muito baixos estão relacionados à redução da massa.
Zhao et al., 2021.	Parcial	Força muscular.	A análise evidenciou associação entre biomarcadores e força muscular, sem incluir avaliação de estradiol.
Vidigal et al., 2025.	Sim	Força e desempenho físico.	Observou-se associação entre massa muscular e desempenho funcional, sem análise de influência hormonal.
Critchlow et al., 2025.	Sim	Massa muscular e força.	Reduções nos níveis de estradiol ao longo do tempo estiveram associadas à diminuição da massa muscular e da força.

Fonte: Autor (2026).

De modo geral, os estudos indicam que níveis reduzidos de estradiol estão associados ao declínio da massa muscular (Jin et al., 2024), da força (Guligowska et al., 2021), e do desempenho físico (Mitoma et al., 2025). Rathnayake et al. (2021) observaram redução desses parâmetros em mulheres com baixos níveis hormonais, enquanto Critchlow et al. (2025) confirmaram essa tendência em análise longitudinal. Além disso, Jin et al. (2024) identificaram que essa relação pode apresentar comportamento não linear.

Os estudos de caráter experimental indicam que o ambiente hormonal pode influenciar a resposta muscular a estímulos externos. Dalgaard et al. (2022) observaram que a modulação hormonal esteve associada à melhora na adaptação muscular ao exercício, sugerindo que o estradiol pode atuar como um facilitador da resposta neuromuscular ao treinamento.

Esses achados sugerem que o estradiol exerce papel relevante na manutenção da função muscular, podendo influenciar tanto a estrutura quanto a capacidade funcional do músculo ao longo do envelhecimento. No entanto, a interpretação desses resultados deve considerar a heterogeneidade metodológica dos estudos, uma vez que nem todos realizaram a mensuração direta dos níveis séricos de estradiol ou avaliaram de forma integrada os desfechos neuromusculares.

Apesar dessa predominância de associações positivas entre estradiol e parâmetros musculares, grande parte dos estudos incluídos apresentou delineamento transversal, o que impossibilita estabelecer relação causal entre redução hormonal e comprometimento neuromuscular. Dessa forma, embora níveis reduzidos de estradiol estejam frequentemente associados à pior função muscular, não é possível afirmar se o declínio hormonal atua como fator determinante direto ou se está associado a outros processos do envelhecimento.

Nos estudos que incluíram a dosagem de estradiol, a avaliação foi realizada predominantemente por meio de exames laboratoriais séricos, considerados padrão para análise hormonal. Rathnayake et al. (2021) utilizaram a dosagem sérica associada a medidas funcionais, como força de preensão manual e velocidade de marcha, permitindo uma análise integrada entre hormônio e desempenho físico. De forma semelhante, Critchlow et al. (2025) também empregaram dosagem sérica de hormônios sexuais em conjunto com avaliação de força muscular, contribuindo para uma abordagem mais robusta.

Observa-se também que nem todos os estudos encontraram associação consistente entre estradiol e desempenho neuromuscular. Em alguns casos, a relação mostrou-se mais evidente com massa muscular do que com força ou desempenho físico, sugerindo que o impacto hormonal pode ocorrer de forma distinta sobre os diferentes componentes da função muscular.

No que se refere aos instrumentos de avaliação neuromuscular, observa-se maior padronização em comparação à mensuração hormonal. A força muscular foi frequentemente avaliada por meio do teste de preensão manual, enquanto o desempenho físico foi analisado por testes funcionais, como o *Timed Up and Go*, a velocidade de marcha e o teste de sentar e levantar. Além disso, a massa muscular foi amplamente mensurada por meio da absorciometria de dupla energia por raios X, considerada um dos métodos mais utilizados para essa finalidade.

Diante dessas variações, torna-se relevante comparar de forma sistematizada os métodos empregados nos estudos incluídos, a fim de identificar padrões, inconsistências e possíveis limitações que impactam a análise da relação entre estradiol e função neuromuscular. Essa comparação é apresentada no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 – Comparação dos métodos de mensuração do estradiol e instrumentos de avaliação neuromuscular.

Autor/ Ano	Método de dosagem hormonal	Avaliação de força muscular	Avaliação de desempenho físico
Rathnayake et al., 2021.	Dosagem sérica laboratorial (ensaio imunoenzimático).	Teste de força de preensão manual.	Teste de velocidade de marcha.
Guligowska et al., 2021.	Avaliação de múltiplos hormônios.	Teste de força de preensão manual.	<i>Timed Up and Go</i> ; <i>Short Physical Performance Battery</i> .
Yin et al., 2022.	Avaliação de múltiplos hormônios.	Não avaliado.	Não avaliado.
Dalgaard et al., 2022.	Avaliação hormonal sistêmica e intramuscular.	Avaliação de força muscular em exercícios resistidos de membros inferiores (ex.: extensão de joelho), associada à resposta ao treinamento.	Avaliação indireta da função muscular.
Mítoma et al., 2025.	Avaliação de múltiplos hormônios.	Teste de sentar e levantar em 30 segundos.	Avaliação funcional global.
Jin et al., 2024	Dosagem sérica de estradiol.	Não avaliado	Não avaliado.
Zhao et al., 2021.	Avaliação de marcadores bioquímicos gerais.	Teste de força de preensão manual.	Não avaliado.
Vidigal et al., 2025.	Avaliação de múltiplos hormônios.	Teste de força de preensão manual.	<i>Timed Up and Go</i> .
Critchlow et al., 2025.	Dosagem sérica de hormônios sexuais.	Teste de força de preensão manual.	Avaliação funcional indireta.

Fonte: Autor (2026).

Conforme evidenciado por Jin et al. (2024), a relação entre estradiol e massa muscular pode apresentar comportamento não linear, indicando que diferentes métodos e abordagens analíticas podem levar a interpretações distintas. Em relação à avaliação neuromuscular, observa-se maior consistência metodológica, com predomínio do uso do teste de força de preensão manual como medida de força e de testes funcionais para avaliação do

desempenho físico. No entanto, nem todos os estudos analisaram simultaneamente força, desempenho e massa muscular, o que resulta em avaliações parciais da sarcopenia.

Essa heterogeneidade metodológica dificulta a comparação direta entre os estudos e reduz a consistência das evidências disponíveis. A ausência de padronização nos critérios diagnósticos de sarcopenia, nos métodos de dosagem hormonal e nos instrumentos de avaliação neuromuscular pode influenciar significativamente os resultados encontrados. Além disso, diferenças relacionadas à faixa etária, nível de atividade física e presença de comorbidades podem atuar como fatores de confusão, tornando difícil determinar se as alterações observadas decorrem predominantemente da deficiência estrogênica ou do próprio processo multifatorial do envelhecimento.

Outro aspecto relevante é a ausência de integração entre os métodos hormonais e funcionais em diversos estudos. Enquanto alguns trabalhos priorizam a avaliação da composição corporal, outros focam exclusivamente na função muscular ou em marcadores bioquímicos, sem estabelecer uma relação direta entre essas variáveis. Dessa forma, a análise dos métodos evidencia não apenas a ausência de padronização, mas também a necessidade de abordagens mais integradas, que associem de forma simultânea a mensuração hormonal e a avaliação funcional.

Critchlow et al. (2025), observaram que a diminuição progressiva dos níveis de estradiol ao longo do envelhecimento esteve associada à redução da massa muscular e da força, sugerindo que o declínio hormonal não apenas acompanha, mas possivelmente contribui para a deterioração da função musculoesquelética. Esses achados reforçam a plausibilidade biológica de que o estradiol exerce papel modulador na manutenção da integridade muscular.

Dalgaard et al. (2022) evidenciaram que a modulação hormonal pode influenciar positivamente a resposta muscular ao exercício, sugerindo que o ambiente estrogênico favorece adaptações neuromusculares. Embora os achados sugiram participação do estradiol na manutenção da função muscular, a maior parte das evidências ainda apresenta delineamento observacional, o que limita inferências causais. Dessa forma, não é possível afirmar de maneira definitiva que a redução do estradiol seja responsável isoladamente pelo comprometimento neuromuscular observado em mulheres pós-menopausa.

A inclusão de estudos que não realizaram mensuração direta dos níveis séricos de estradiol, servem para evidenciar uma limitação importante da literatura atual. Embora esses trabalhos contribuam para a compreensão geral da sarcopenia, eles enfraquecem a especificidade da associação hormonal proposta, uma vez que impossibilitam correlacionar objetivamente os níveis séricos de estradiol com os desfechos neuromusculares analisados. Isso

demonstra que parte das evidências disponíveis ainda permanece indireta e baseada em inferências fisiopatológicas

Outro ponto relevante refere-se à heterogeneidade dos instrumentos utilizados. Embora haja relativa padronização na avaliação da força muscular por meio da preensão manual e do desempenho físico por testes funcionais, observa-se que nem todos os estudos avaliam simultaneamente os diferentes componentes da sarcopenia. Essa fragmentação metodológica resulta em análises parciais, dificultando a compreensão global do impacto do estradiol sobre o sistema neuromuscular.

Sob a perspectiva do presente estudo, considera-se que a evidência disponível aponta para uma associação consistente entre a redução dos níveis de estradiol e o comprometimento neuromuscular em mulheres, especialmente no contexto do envelhecimento e da pós-menopausa. No entanto, essa associação ainda é limitada por lacunas metodológicas importantes, como a ausência de mensuração hormonal em parte dos estudos, a heterogeneidade das populações analisadas e a falta de integração entre os diferentes desfechos da sarcopenia.

Dessa forma, entende-se que, embora os achados disponíveis sustentem a relevância do estradiol na função muscular, ainda há necessidade de estudos mais robustos, que integrem avaliação hormonal direta com desfechos funcionais padronizados, permitindo uma compreensão mais precisa e aplicável clinicamente. Essa lacuna evidencia a importância de futuras investigações que considerem o papel do estradiol de forma integrada na fisiopatologia da sarcopenia em mulheres.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que há evidências que sugerem associação entre níveis reduzidos de estradiol e pior desempenho neuromuscular em mulheres idosas com sarcopenia. No entanto, essa relação apresenta limitações importantes devido à heterogeneidade metodológica e à ausência de padronização nos métodos de avaliação.

Diante disso, conclui-se que, embora haja evidências que sustentem a associação entre a redução do estradiol e o declínio neuromuscular em mulheres, essa relação ainda carece de maior consistência metodológica, tornando-se necessário o desenvolvimento de estudos futuros com delineamentos mais robustos, que incluam a mensuração direta dos níveis séricos de estradiol e a avaliação integrada dos parâmetros de sarcopenia, contemplando massa muscular, força e desempenho físico.

Adicionalmente, recomenda-se que futuras pesquisas considerem populações mais homogêneas e utilizem protocolos padronizados de avaliação, a fim de ampliar a comparabilidade dos resultados e fortalecer a aplicabilidade clínica das evidências. Nesse sentido, a compreensão mais aprofundada do papel do estradiol na função neuromuscular pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas e preventivas voltadas à preservação da funcionalidade e da qualidade de vida de mulheres idosas.

REFERÊNCIAS

- Araújo, D. M. et al. Avaliação da eficácia da reposição hormonal na prevenção/tratamento da sarcopenia em mulheres no climatério. In: **LUBIANCA, Jaqueline Neves; CAPP, Edison (org.)**. Promoção e proteção da saúde da mulher, ATM 2024/1. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina, 2021. p. 197-217. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/224089>. Acesso em: 6 mar. 2026.
- Beaudart, C. et al. *Sarcopenia: burden and challenges for public health*. **Archives of Public Health**, Brussels, ano 2014, v. 72, n. 45, p. 1-8, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/2049-3258-72-45>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- Cho, E. et al. *Role of exercise in estrogen deficiency-induced sarcopenia*. **Journal of Exercise Rehabilitation**, Seoul, ano 2022, v. 18, n. 1, p. 2-9, fev. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.12965/jer.2244004.002>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- Clark, B. C.; manini, T. M. *Sarcopenia $\neq$ dynapenia*. **Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, Oxford, ano 2008, v. 63, n. 8, p. 829-834, ago. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/gerona/63.8.829>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- Critchlow, A. J. et al. *Longitudinal associations between sex hormones and muscle function in older women*. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, Berlin, 2025, v. 16, n. 1, p. 1-12, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jcsm.13786>. Acesso em: 02 maio 2026.
- Cruz-Jentoft, A. J. et al. *Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis*. **Age and Ageing**, Oxford, ano 2019, v. 48, n. 1, p. 16-31, jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- Cruz-Jentoft, A. J.; Sayer, A. A. *Sarcopenia*. **The Lancet, London**, ano 2019, v. 393, n. 10191, p. 2636-2646, jun. 2019. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31138-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31138-9). Acesso em: 17 fev. 2026.
- Dalgaard, L. B. et al. *Influence of estrogen on muscle adaptation to exercise in postmenopausal women*. **Steroids**, Amsterdam, 2022, v. 181, n. 1, p. 109087, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2022.109087>. Acesso em: 02 maio 2026.
- Doherty, T. J. *Invited review: aging and sarcopenia*. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, ano 2003, v. 95, n. 4, p. 1717-1727, out. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00347.2003>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- Faubion, S. S. et al. *The 2022 hormone therapy position statement of The North American Menopause Society*. **Menopause**, v. 29, n. 7, p. 767-794, jul. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/GME.0000000000002028>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- Fielding, R. A. *Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition*. **Journal of the American Medical Directors Association**, New York, ano 2011, v. 12, n. 4, p. 249-256, maio 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2011.01.003>. Acesso em: 17 fev. 2026.

Galvão, T. F.; Pansani, T. S. A.; Harrad, D. Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises: a recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, ano 2015, v. 24, n. 2, p. 335-342, abr./jun. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ress/a/TL99XM6YPx3Z4rxn5WmCNCf/?lang=pt>. Acesso em: 05 abr. 2026.

Geraci, A. *Sarcopenia and menopause: the role of estradiol*. **Frontiers in Endocrinology**, Basel, ano 2021, v. 12, p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.682012>. Acesso em: 17 fev. 2026.

Goodpaster, B. H. et al. *The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults*. **Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, Oxford, ano 2006, v. 61, n. 10, p. 1059-1064, out. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/gerona/61.10.1059>. Acesso em: 17 fev. 2026.

Groot, C. P. G. M.; Van Staveren, W. A.; Graaf, C. *Determinants of macronutrient intake in elderly people*. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 54, suppl. 3, p. S70–S76, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601028>. Acesso em: 17 fev. 2026.

Guligowska, A. et al. *Gonadotropins at advanced age: correlations between gonadotropins and sarcopenia indicators in older adults*. **Frontiers in Endocrinology**, Lausanne, 2021, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.797243>. Acesso em: 02 maio 2026.

Jin, F. et al. *Association between estradiol levels and muscle mass in postmenopausal women: a cross-sectional study*. **Frontiers in Endocrinology**, Lausanne, 2024, v. 15, n. 1, p. 1-9, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1494972>. Acesso em: 02 maio 2026.

Khosla, S.; Melton, L. J.; Riggs, B. L. *The unitary model for estrogen deficiency and the pathogenesis of osteoporosis: is revision needed?* **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 26, n. 3, p. 441-451, mar. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jbmr.262>. Acesso em: 17 fev. 2026.

Landi, F. et al. *Sarcopenia as a risk factor for falls in elderly individuals*. **Clinical Nutrition**, Edinburgh, ano 2012, v. 31, n. 5, p. 652-658, out. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.02.007>. Acesso em: 17 fev. 2026.

López-Otín, C. et al. *Hallmarks of aging: an expanding universe*. **Cell**, v. 186, n. 2, p. 243-278, jan. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.11.001>. Acesso em: 16 fev. 2026.

Lu, L.; Tian, L. *Postmenopausal osteoporosis coexisting with sarcopenia: the role and mechanisms of estrogen*. **Journal of Endocrinology**, Bristol, ano 2023, v. 259, n. 1, p. 1-13, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1530/JOE-23-0116>. Acesso em: 17 fev. 2026.

Macedo, M. T. S; Rocha, J. S. B; Baldo, M. P. Impacto do exercício físico na sarcopenia em mulheres no climatério: revisão integrativa . **Conexão Ciência (Online)**, 20(2), 130–148. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.24862/cco.v20i2.2022>. Acesso em: 15 mar. 2026.

Maiorana, A. et al. *Exercise and the nitric oxide vasodilator system*. **Sports Medicine**, Auckland, v. 33, n. 14, p. 1013–1035, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.2165/00007256-200333140-00001>. Acesso em: 17 fev. 2026.

Manini, T. M.; Clark, B. C. *Dynapenia and aging: an update*. **Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, Oxford, ano 2012, v. 67, n. 1, p. 28-40, jan. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/gerona/qlr010>. Acesso em: 17 fev. 2026.

Mitoma, T. et al. *Oestrogen replacement combined with resistance exercise in older women with knee osteoarthritis: a randomised, double-blind, placebo-controlled clinical trial*. **Age and Ageing**, Oxford, 2025, v. 54, n. 8, p. afaf224, ago. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ageing/afaf224>. Acesso em: 12 maio 2026.

Osterdahl, M. F. *Systematic review on the relationship between menopausal hormone replacement therapy, sarcopenia, and sarcopenia-related parameters*. **Maturitas**, Amsterdam, ano 2025, v. 185, p. 108609, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2025.108609>. Acesso em: 17 fev. 2026.

Phillips, S. M.; Winett, R. A. *Uncomplicated resistance training and health-related outcomes: evidence for a public health mandate*. **Current Sports Medicine Reports**, Philadelphia, ano 2010, v. 9, n. 4, p. 208-213, jul./ago. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e3181e7da73>. Acesso em: 17 fev. 2026.

Rathnayake, N. et al. *Relationship between estradiol levels and muscle function in women across menopausal stages*. **BMC Women's Health**, London, 2020, v. 20, n. 1, p. 1-10, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12905-020-01153-9>. Acesso em: 02 maio 2026.

Santos, F. H.; Andrade, V. M.; Bueno, O. F. A. *Envelhecimento: um processo multifatorial*. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 14, n. 1, p. 3-10, mar. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-73722009000100002>. Acesso em: 16 fev. 2026.

Schaap, L. A. et al. *Higher inflammatory marker levels in older persons: associations with muscle strength*. **Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, Oxford, ano 2009, v. 64, n. 11, p. 1183-1189, nov. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/gerona/qlp097>. Acesso em: 17 fev. 2026.

United Nations, department of economic and social affairs, population division. **World population ageing**. 2015. 1. ed. New York: United Nations, 2015. 164 p. Disponível em: https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/WPA2015_Report.pdf. Acesso em: 16 fev. 2026.

Vidigal, M. et al. *Neuromuscular performance and body composition in postmenopausal women*. **Journal of Nutrition, Metabolism and Endocrinology**, Cairo, 2023, v. 2023, n. 1, p. 1-8, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/jnme/3170619>. Acesso em: 02 maio 2026.

Visser, M. et al. *Relationship of interleukin-6 and tumor necrosis factor-alpha with muscle mass and muscle strength in elderly men and women: the Health ABC Study*. **Journal of Gerontology: Biological Sciences and Medical Sciences**, Oxford, v. 57, n. 5, p. M326–M332, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/gerona/57.5.m326>. Acesso em: 17 fev. 2026.

Walston, J. D. *Sarcopenia in older adults*. **Current Opinion in Rheumatology**, Philadelphia, ano 2012, v. 24, n. 6, p. 623-627, nov. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/BOR.0b013e328358d59b>. Acesso em: 17 fev. 2026.

Yin, L. et al. *Determination of skeletal muscle mass by aspartate aminotransferase/alanine aminotransferase ratio, insulin and FSH in Chinese women with sarcopenia*. **BMC Geriatrics**, London, 2022, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03491-9>. Acesso em: 02 maio 2026.

Zhang, J. et al. *Interaction of estradiol and vitamin D with low skeletal muscle mass among middle-aged and elderly women*. **BMC Women's Health**, London, ano 2023, v. 23, p. 1-10, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12905-023-02646-z>. Acesso em: 17 fev. 2026.

Zhao, W. et al. The association between systemic inflammatory markers and sarcopenia: results from the West China Health and Aging Trend Study (WCHAT). **Archives of Gerontology and Geriatrics**, Amsterdam, 2021, v. 92, p. 104262, jan./fev. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.archger.2020.104262>. Acesso em: 12 maio 2026.

Apêndice A – Artigo Científico**ASSOCIAÇÃO ENTRE NÍVEIS DE ESTRADIOL E DESEMPENHO MUSCULAR EM MULHERES IDOSAS COM SARCOPENIA: revisão sistemática¹**

Association between estradiol levels and muscle performance in elderly women with sarcopenia: a systematic review.

Stefanny Oliveira Silva ²

Janice Regina Moreira Bastos ³

RESUMO

O envelhecimento feminino representa um importante desafio em saúde pública, especialmente devido ao aumento da expectativa de vida e à maior exposição das mulheres às alterações fisiológicas relacionadas à menopausa. Nesse período, a redução dos níveis de estradiol promove modificações sistêmicas que afetam diretamente o sistema musculoesquelético, influenciando a massa muscular, a força e o desempenho físico. Essas alterações podem contribuir para o desenvolvimento da sarcopenia, associada à redução da autonomia e da qualidade de vida em mulheres idosas. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo analisar a associação entre níveis séricos de estradiol e parâmetros de desempenho neuromuscular em mulheres pós-menopausa com sarcopenia, considerando os métodos utilizados para avaliação hormonal e funcional. Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, conduzida conforme as recomendações do protocolo PRISMA. A busca foi realizada nas bases PubMed, Scopus, Web of Science e PEDro, incluindo estudos observacionais e ensaios clínicos publicados entre 2020 e 2025, nos idiomas português, inglês e espanhol. Ao final do processo de seleção, nove estudos foram incluídos na análise. Os resultados demonstraram que níveis reduzidos de estradiol estiveram associados, de maneira predominante, à redução da massa muscular, diminuição da força muscular e pior desempenho físico. Entretanto, observou-se importante heterogeneidade metodológica entre os estudos, especialmente nos métodos de dosagem hormonal, critérios diagnósticos de sarcopenia e instrumentos de avaliação neuromuscular. Conclui-se que existem evidências de associação entre redução dos níveis de estradiol e declínio neuromuscular em mulheres pós-menopausa, embora a ausência de padronização metodológica limite a robustez das conclusões disponíveis.

Palavras-chave: sarcopenia; estradiol; menopausa; desempenho muscular; envelhecimento feminino.

¹ TCC apresentado à disciplina de Monografia do Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco – UNDB

² Graduanda do 10º período do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB. E-mail: Stefannyoliveira425@gmail.com

³ Professora, Mestra, Orientadora. Docente do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB. E-mail: janice.bastos@undb.edu.br.

ABSTRACT

Female aging represents a significant public health challenge, especially due to increased life expectancy and greater exposure of women to physiological changes related to menopause. During this period, the reduction in estradiol levels promotes systemic changes that directly affect the musculoskeletal system, influencing muscle mass, strength, and physical performance. These changes can contribute to the development of sarcopenia, associated with reduced autonomy and quality of life in elderly women. Therefore, this study aimed to analyze the association between serum estradiol levels and neuromuscular performance parameters in postmenopausal women with sarcopenia, considering the methods used for hormonal and functional assessment. This is a systematic literature review, conducted according to the PRISMA protocol recommendations. The search was performed in the PubMed, Scopus, Web of Science, and PEDro databases, including observational studies and clinical trials published between 2020 and 2025, in Portuguese, English, and Spanish. At the end of the selection process, nine studies were included in the analysis. The results demonstrated that reduced estradiol levels were predominantly associated with reduced muscle mass, decreased muscle strength, and poorer physical performance. However, significant methodological heterogeneity was observed among the studies, especially in hormone dosage methods, diagnostic criteria for sarcopenia, and neuromuscular assessment instruments. It is concluded that there is evidence of an association between reduced estradiol levels and neuromuscular decline in postmenopausal women, although the lack of methodological standardization limits the robustness of the available conclusions.

Keywords: sarcopenia; estradiol; menopause; muscle performance; female aging.

1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional constitui um dos fenômenos demográficos mais marcantes do século XXI, com importantes repercussões nas esferas social, econômica e sanitária. No Brasil e em diversos países, observa-se um crescimento progressivo da população idosa, acompanhado pelo aumento da expectativa de vida, especialmente entre as mulheres. Esse cenário tem ampliado o interesse científico na investigação dos fatores biológicos envolvidos no envelhecimento, bem como na compreensão das condições que influenciam a manutenção da saúde e da capacidade funcional ao longo da vida (Araújo et al., 2021).

No contexto do envelhecimento feminino, a transição menopausal representa um marco fisiológico relevante. A menopausa caracteriza-se pela interrupção permanente da função ovariana, resultando em uma queda significativa na produção de hormônios sexuais, particularmente do estradiol. Essa redução hormonal está associada a diversas alterações sistêmicas que extrapolam o sistema reprodutivo, afetando o metabolismo, a composição corporal e a função musculoesquelética (Faubion et al., 2022).

Dentre os sistemas influenciados pelos estrogênios, destaca-se o sistema musculoesquelético. Evidências científicas indicam que o estradiol desempenha papel importante na regulação da massa muscular, na integridade estrutural das fibras musculares e na modulação de processos metabólicos relacionados à função muscular. Além disso, esse hormônio exerce efeitos sobre o sistema nervoso, participando da modulação da excitabilidade neuronal, da plasticidade sináptica e do controle motor (Cho et al., 2022).

Sob essa perspectiva, a redução dos níveis de estradiol observada após a menopausa pode contribuir para alterações no desempenho neuromuscular. Esse desempenho refere-se à capacidade do sistema neuromuscular de produzir força, potência e controle adequado do movimento, sendo resultado da interação entre mecanismos neurais e propriedades contráteis do músculo esquelético. Alterações nesses mecanismos podem comprometer a eficiência da produção de força e a execução de tarefas motoras essenciais para a manutenção da independência funcional (Santos; Andrade; Bueno, 2009).

Entre as condições associadas ao declínio da função muscular no envelhecimento, destaca-se a sarcopenia, definida como uma síndrome caracterizada pela perda progressiva de massa muscular esquelética, acompanhada da redução da força e do desempenho físico. Trata-se de um importante problema de saúde pública, associado ao aumento do risco de quedas, incapacidade funcional, hospitalizações e mortalidade. Estudos indicam que essa condição

apresenta elevada prevalência em mulheres após a menopausa, sugerindo uma possível relação entre a deficiência estrogênica e o comprometimento da função muscular (Clark; Manini, 2008).

Apesar dos avanços na compreensão do envelhecimento musculoesquelético, ainda persiste uma lacuna na literatura quanto à influência específica dos hormônios sexuais sobre o desempenho neuromuscular em mulheres idosas. Observa-se que parte dos estudos investiga isoladamente aspectos hormonais ou parâmetros de função muscular, o que dificulta uma análise integrada das possíveis associações entre esses fatores. Dessa forma, torna-se relevante sistematizar as evidências disponíveis acerca da relação entre níveis de estradiol e desempenho neuromuscular em mulheres pós-menopausa com sarcopenia.

A escolha do tema fundamenta-se na necessidade de aprofundar a compreensão dos mecanismos fisiológicos envolvidos no declínio da função neuromuscular no envelhecimento feminino, especialmente diante do aumento da longevidade das mulheres. A melhor compreensão dessa relação pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias clínicas e terapêuticas voltadas à preservação da funcionalidade e da qualidade de vida dessa população.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo analisar a associação entre os níveis de estradiol e o desempenho neuromuscular em mulheres idosas com sarcopenia. Especificamente, buscou-se identificar estudos observacionais e ensaios clínicos que investigaram essa relação, bem como analisar a associação entre os níveis séricos de estradiol e desfechos como força muscular, potência e desempenho físico.

Para alcançar esse objetivo, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, conduzida conforme as recomendações do protocolo PRISMA. A busca foi realizada em bases de dados científicas da área da saúde, contemplando apenas estudos observacionais e ensaios clínicos que investigaram a relação entre os níveis de estradiol e o desempenho neuromuscular em mulheres pós-menopausa com déficit de funcionalidade global seguida da extração e análise qualitativa dos dados encontrados.

Para melhor organização, este trabalho foi estruturado em seções. A introdução apresenta a contextualização do tema, a justificativa e os objetivos da pesquisa. Em seguida, a fundamentação teórica aborda o envelhecimento feminino, a transição menopausal, a sarcopenia, o desempenho neuromuscular e a relação entre estradiol e função muscular. Posteriormente, são apresentados os objetivos, a metodologia, os resultados e a discussão dos achados. Por fim, são descritas as considerações finais do estudo.

2 O PROCESSO DE ENVELHECIMENTO FEMININO

O envelhecimento constitui um processo biológico de alterações intrínsecas progressivo, dinâmico e multifatorial, caracterizado pela redução gradual da capacidade funcional dos sistemas orgânicos e pela diminuição da reserva fisiológica necessária à manutenção da homeostase. Trata-se de um fenômeno universal, porém heterogêneo, cuja expressão clínica e funcional resulta da interação entre fatores genéticos, epigenéticos, ambientais e hormonais (Santos; Andrade; Bueno, 2006).

No cenário demográfico, observa-se um crescimento expressivo da população idosa, especialmente entre mulheres. Dados da Organização Mundial da Saúde indicam que as mulheres apresentam maior expectativa de vida quando comparadas aos homens, fenômeno conhecido como feminização da velhice (Nações Unidas, 2015). Essa maior longevidade implica maior exposição às alterações fisiológicas relacionadas ao envelhecimento e às doenças crônicas não transmissíveis, tornando essencial a compreensão das especificidades biológicas do envelhecimento feminino.

A redução estrogênica está associada à alteração da composição corporal, caracterizada pelo aumento da adiposidade central e pela diminuição da massa magra, além de influenciar negativamente a densidade mineral óssea. Simultaneamente, observa-se declínio progressivo da força muscular, fenômeno que pode estar relacionado tanto à sarcopenia associada à idade quanto à modulação hormonal do tecido muscular (Khosla; Melton, 2015).

Além das alterações estruturais, o envelhecimento feminino envolve modificações neurofisiológicas que podem impactar a coordenação motora, o equilíbrio postural e o tempo de resposta neuromuscular. Evidências sugerem que o estrogênio possui efeitos neuroprotetores, influenciando a plasticidade sináptica, a modulação de neurotransmissores e a função mitocondrial cerebral (Beaudart et al., 2014). Dessa forma, sua redução pode contribuir para alterações no desempenho motor e na funcionalidade global.

2.2 Associação entre estradiol e desempenho neuromuscular

O estradiol constitui o principal estrogênio biologicamente ativo no organismo feminino e exerce papel relevante na regulação de diversos processos fisiológicos, incluindo metabolismo energético, manutenção da massa óssea e função neuromuscular. Durante a vida reprodutiva, os níveis desse hormônio são relativamente estáveis e contribuem para a manutenção da integridade muscular e da função neural. Entretanto, após a menopausa ocorre

redução significativa da produção ovariana de estradiol, resultando em alterações sistêmicas que podem influenciar o desempenho físico e neuromuscular de mulheres idosas (Khosla; Melton, 2015).

Com o avanço da idade e a transição menopausal, a queda dos níveis de estradiol tem sido associada ao declínio da força muscular e à piora do desempenho neuromuscular. Estudos observacionais indicam que a redução hormonal pode contribuir para alterações na qualidade muscular, aumento do estresse oxidativo e maior susceptibilidade à fadiga. Essas modificações podem comprometer a capacidade de gerar força e potência muscular, variáveis fundamentais para o desempenho de tarefas funcionais e para a manutenção da independência física em mulheres idosas (Faubion et al., 2022).

A relação entre estradiol e desempenho neuromuscular tem sido progressivamente investigada na literatura científica como um dos mecanismos fisiológicos que podem explicar parte do declínio funcional observado em mulheres após a menopausa. O estradiol, principal estrogênio circulante durante o período reprodutivo feminino, apresenta ampla atuação sistêmica, incluindo efeitos diretos e indiretos sobre o tecido muscular, sobre o sistema nervoso e sobre a comunicação neuromuscular. Dessa forma, a redução acentuada desse hormônio após a menopausa representa um importante fator biológico potencialmente envolvido nas alterações da função muscular e do desempenho físico no envelhecimento feminino (Geraci et al., 2021).

Assim, o estradiol pode ser compreendido como um modulador relevante da função neuromuscular ao longo do envelhecimento feminino. A análise das evidências disponíveis sobre a relação entre níveis hormonais e desempenho neuromuscular em mulheres pós-menopausa com sarcopenia contribui para ampliar a compreensão dos fatores biológicos associados ao declínio funcional e pode fornecer subsídios para estratégias de prevenção e intervenção voltadas à manutenção da capacidade física nessa população.

3 METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática com síntese qualitativa e análise crítica dos estudos incluídos com objetivo analisar a associação entre níveis de estradiol e o desempenho neuromuscular em mulheres pós-menopausa com sarcopenia. A condução da revisão seguiu as recomendações do protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), para maior organização e sistematização das etapas. A busca dos estudos foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Springer Nature Link e Science direct, selecionadas por sua relevância na área da saúde. Foram utilizados descritores controlados

(DeCS/MeSH) relacionadas ao tema, como “estradiol/estradiol”, “estrogênio/estrogen”, “menopausa/menopause”, “sarcopenia/sarcopenia”, “força muscular/muscle strength” e “desempenho físico/physical performance”.

A estratégia de busca foi estruturada em blocos temáticos e adaptada conforme as especificidades de cada base, garantindo maior sensibilidade e abrangência na identificação dos estudos. A busca foi realizada no período de março de 2026, considerando estudos publicados entre os anos de 2020 e 2025. Foram incluídos estudos originais, com delineamento observacional (transversal, coorte e caso-controle) e ensaios clínicos, que investigaram mulheres idosas com diagnóstico de sarcopenia, que apresentassem mensuração objetiva dos níveis séricos de estradiol por métodos laboratoriais validados, bem como avaliação do desempenho neuromuscular por meio de instrumentos padronizados, como dinamometria, testes funcionais ou medidas de desempenho físico.

Foram excluídos e pesquisas que não apresentaram avaliação objetiva dos desfechos neuromusculares mensuráveis, além daqueles com dados insuficientes para extração e análise, garantindo assim maior homogeneidade e consistência metodológica dos estudos selecionados. A seleção dos estudos foi realizada em etapas, iniciando pela leitura dos títulos, seguida da análise dos resumos e, por fim, leitura na íntegra dos artigos potencialmente elegíveis. O fluxo de seleção dos estudos foi apresentado por meio de fluxograma conforme as recomendações do PRISMA.

A extração dos dados foi realizada de forma padronizada, incluindo informações como ano de publicação, país, tipo de estudo, características da amostra, método de dosagem do estradiol, critérios diagnósticos de sarcopenia, instrumentos utilizados para avaliação do desempenho neuromuscular e principais resultados encontrados.

Para os ensaios clínicos, foi utilizada a escala PEDro, contemplando aspectos como randomização, comparabilidade inicial dos grupos, cegamento, seguimento dos participantes, análise por intenção de tratar e apresentação dos resultados. Além disso, foram considerados possíveis vieses metodológicos, como viés de seleção, viés de publicação, tamanho amostral reduzido e heterogeneidade nos métodos de avaliação hormonal e neuromuscular. Ao final, os estudos foram classificados como de qualidade metodológica alta, moderada ou baixa.

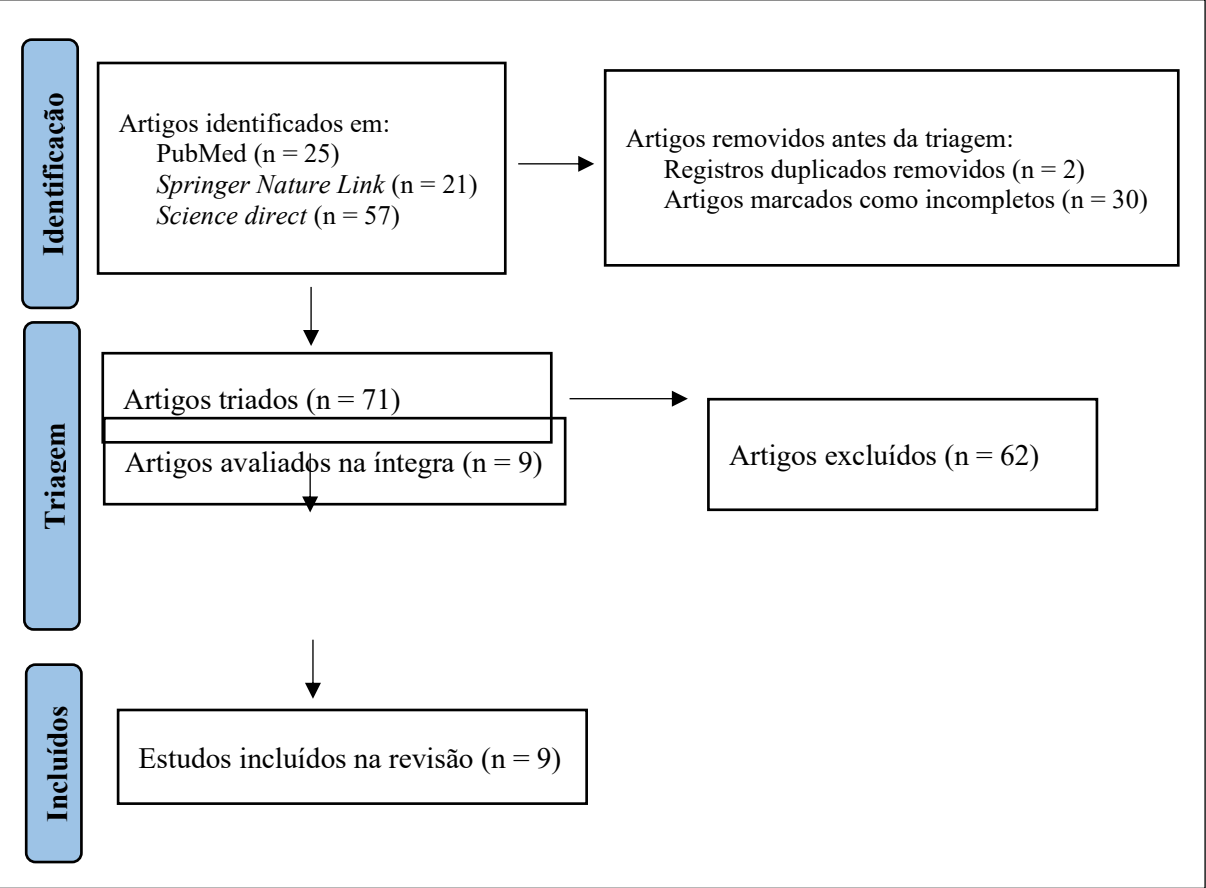
A análise dos dados foi realizada por meio de síntese qualitativa estruturada, considerando a heterogeneidade metodológica dos estudos incluídos. Os achados foram analisados de forma descritiva e comparativa, com foco na identificação da direção das associações entre níveis de estradiol e parâmetros de desempenho neuromuscular.

Os dados dos estudos foram assentados em quadros elaborados pelo autor, contendo informações como autor/ano, delineamento, amostra, método de dosagem de estradiol, critérios de sarcopenia, instrumentos de avaliação neuromuscular e principais resultados. O processo de seleção foi demonstrado por meio de fluxograma conforme o PRISMA, e os resultados foram apresentados destacando a direção das associações (positiva, negativa ou ausência de associação), bem como convergências, divergências e lacunas identificadas na literatura.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de seleção dos estudos seguiu as recomendações do checklist PRISMA, contemplando as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. Inicialmente, foram identificados 103 estudos nas bases de dados pesquisadas. Após a remoção de duplicatas e registros incompletos, permaneceram 71 registros, os quais foram submetidos à leitura de títulos e resumos, resultando na exclusão de 62 estudos por não atenderem aos critérios de elegibilidade. Ao final, 9 estudos foram incluídos na síntese qualitativa (figura 3).

Figura 3 - Fluxograma de seleção da amostra



Fonte: Autor (2026).

A partir da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos, foram selecionados nove estudos que compõem a amostra final desta revisão. Esses estudos apresentam diferentes delineamentos metodológicos, perfis populacionais e instrumentos de avaliação, permitindo uma visão abrangente acerca da relação entre os níveis de estradiol e os parâmetros de desempenho neuromuscular.

Além da caracterização geral, os estudos foram submetidos à avaliação da qualidade metodológica e do risco de viés, conforme o delineamento de cada pesquisa. A caracterização dos estudos incluídos, contemplando informações sobre autor, ano, delineamento, instrumentos utilizados, tamanho amostral, perfil clínico da população e qualidade metodológica, encontra-se apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Caracterização geral dos estudos incluídos.

Autor/ Ano	Delineamento	Qualidade metodológica	Instrumento	Amostra (n)	Perfil clínico
Rathnayake et al., 2021.	Transversal	NOS 8/9 (Alta)	Absorciometria de dupla energia por raios X, teste de força de preensão manual, teste de velocidade de marcha, avaliação hormonal.	350	Mulheres pré e pós-menopausa.
Guligowska et al., 2021.	Transversal	NOS 8/9 (Alta)	Análise de bioimpedância, teste de força de preensão manual, <i>teste Timed Up and Go</i> , <i>Short Physical Performance Battery</i> , avaliação hormonal.	100	Idosos (homens e mulheres).
Yin et al., 2022.	Transversal	NOS 7/9 (Alta)	Crítérios do <i>Asian Working Group for Sarcopenia</i> , exames laboratoriais bioquímicos.	2837	Mulheres idosas com sarcopenia.
Dalgaard et al., 2022.	Ensaio clínico	PEDro 8/10 (Alta)	Testes de força muscular, análise de composição corporal e avaliação hormonal.	~30-40	Mulheres pós-menopausa.
Mitoma et al., 2025.	Ensaio clínico	PEDro 8/10 (Alta)	Teste de sentar e levantar em 30 segundos, avaliação de força muscular, questionários de qualidade de vida, avaliação hormonal.	80	Mulheres com mais de 65 anos com osteoartrite.
Jin et al., 2024	Transversal	NOS 8/9 (Alta)	Absorciometria de dupla energia por raios X, dosagem sérica de estradiol	673	Mulheres pós-menopausa.
Zhao et al., 2021.	Transversal	NOS 7/9 (Alta)	Teste de força de preensão manual, análise bioquímica sérica.	3514	Idosos (homens e mulheres).
Vidigal et al., 2025.	Transversal	NOS 7/9 (Alta)	Absorciometria de dupla energia por raios X, teste de força de preensão manual, teste <i>Timed Up and Go</i> , avaliação hormonal.	98	Mulheres pós-menopausa.
Critchlow et al., 2025.	Coorte longitudinal	NOS 9/9 (Alta)	Absorciometria de dupla energia por raios X, teste de	319	Mulheres idosas

			força de preensão manual, dosagem sérica de hormônios sexuais		
--	--	--	---	--	--

Fonte: Autor (2026).

Após a análise dos estudos, observa-se que a maioria possui delineamento transversal, com poucos estudos longitudinais ou de intervenção. As pesquisas focam principalmente em mulheres em diferentes fases do envelhecimento, especialmente no período pós-menopausa, incluindo desde adultas de meia-idade até idosas com sarcopenia.

De modo geral, há uma padronização nos métodos, a massa muscular é frequentemente avaliada por absorciometria de dupla energia por raios X, enquanto a força e o desempenho físico são analisados por testes como preensão manual, velocidade de marcha e testes funcionais. Parte dos estudos também incluiu a dosagem sérica de estradiol, permitindo explorar sua relação com a função muscular, embora nem todos tenham feito essa associação de forma direta.

Em relação à qualidade metodológica, os estudos apresentaram, predominantemente, qualidade alta, segundo as escalas *Newcastle-Ottawa* e PEDro. Diante disso, a síntese dos principais achados dos estudos incluídos é apresentada no Quadro 2 a seguir, com o objetivo de facilitar a visualização das relações identificadas entre estradiol e os desfechos neuromusculares.

Quadro 2 – Síntese dos resultados quanto à relação entre estradiol e parâmetros neuromusculares.

Autor/ Ano	Avaliação do estradiol	Desfecho neuromuscular	Principais achados
Rathnayake et al., 2021.	Sim	Massa muscular, força de preensão, desempenho físico	Níveis reduzidos de estradiol estiveram associados a menor massa muscular, menor força de preensão e pior desempenho físico.
Guligowska et al., 2021.	Parcial	Força, desempenho físico.	A relação entre hormônios e parâmetros de sarcopenia foi variável, sem padrão consistente entre os desfechos analisados.
Yin et al., 2022.	Parcial	Massa muscular.	Foram observadas associações com marcadores hormonais, porém sem avaliação direta dos níveis de estradiol.
Dalgaard et al., 2022.	Parcial	Força e massa muscular.	A modulação hormonal esteve relacionada à melhora na resposta muscular ao exercício, sugerindo influência positiva no desempenho.
Mitoma et al., 2025.	Sim	Desempenho físico e força.	O estudo propõe melhora da função muscular com terapia estrogênica, porém não apresenta resultados clínicos por se tratar de protocolo.
Jin et al., 2024	Sim	Massa muscular.	Foi identificada associação entre níveis de estradiol e massa muscular, com

			comportamento não linear, sugerindo que níveis muito baixos estão relacionados à redução da massa.
Zhao et al., 2021.	Parcial	Força muscular.	A análise evidenciou associação entre biomarcadores e força muscular, sem incluir avaliação de estradiol.
Vidigal et al., 2025.	Sim	Força e desempenho físico.	Observou-se associação entre massa muscular e desempenho funcional, sem análise de influência hormonal.
Critchlow et al., 2025.	Sim	Massa muscular e força.	Reduções nos níveis de estradiol ao longo do tempo estiveram associadas à diminuição da massa muscular e da força.

Fonte: Autor (2026).

De modo geral, os estudos indicam que níveis reduzidos de estradiol estão associados ao declínio da massa muscular (Jin et al., 2024), da força (Guligowska et al., 2021), e do desempenho físico (Mitoma et al., 2025). Rathnayake et al. (2021) observaram redução desses parâmetros em mulheres com baixos níveis hormonais, enquanto Critchlow et al. (2025) confirmaram essa tendência em análise longitudinal. Além disso, Jin et al. (2024) identificaram que essa relação pode apresentar comportamento não linear.

Os estudos de caráter experimental indicam que o ambiente hormonal pode influenciar a resposta muscular a estímulos externos. Dalgaard et al. (2022) observaram que a modulação hormonal esteve associada à melhora na adaptação muscular ao exercício, sugerindo que o estradiol pode atuar como um facilitador da resposta neuromuscular ao treinamento.

Esses achados sugerem que o estradiol exerce papel relevante na manutenção da função muscular, podendo influenciar tanto a estrutura quanto a capacidade funcional do músculo ao longo do envelhecimento. No entanto, a interpretação desses resultados deve considerar a heterogeneidade metodológica dos estudos, uma vez que nem todos realizaram a mensuração direta dos níveis séricos de estradiol ou avaliaram de forma integrada os desfechos neuromusculares.

Apesar dessa predominância de associações positivas entre estradiol e parâmetros musculares, grande parte dos estudos incluídos apresentou delineamento transversal, o que impossibilita estabelecer relação causal entre redução hormonal e comprometimento neuromuscular. Dessa forma, embora níveis reduzidos de estradiol estejam frequentemente associados à pior função muscular, não é possível afirmar se o declínio hormonal atua como fator determinante direto ou se está associado a outros processos do envelhecimento.

Nos estudos que incluíram a dosagem de estradiol, a avaliação foi realizada predominantemente por meio de exames laboratoriais séricos, considerados padrão para análise hormonal. Rathnayake et al. (2021) utilizaram a dosagem sérica associada a medidas

funcionais, como força de preensão manual e velocidade de marcha, permitindo uma análise integrada entre hormônio e desempenho físico. De forma semelhante, Critchlow et al. (2025) também empregaram dosagem sérica de hormônios sexuais em conjunto com avaliação de força muscular, contribuindo para uma abordagem mais robusta.

Observa-se também que nem todos os estudos encontraram associação consistente entre estradiol e desempenho neuromuscular. Em alguns casos, a relação mostrou-se mais evidente com massa muscular do que com força ou desempenho físico, sugerindo que o impacto hormonal pode ocorrer de forma distinta sobre os diferentes componentes da função muscular.

No que se refere aos instrumentos de avaliação neuromuscular, observa-se maior padronização em comparação à mensuração hormonal. A força muscular foi frequentemente avaliada por meio do teste de preensão manual, enquanto o desempenho físico foi analisado por testes funcionais, como o *Timed Up and Go*, a velocidade de marcha e o teste de sentar e levantar. Além disso, a massa muscular foi amplamente mensurada por meio da absorciometria de dupla energia por raios X, considerada um dos métodos mais utilizados para essa finalidade.

Diante dessas variações, torna-se relevante comparar de forma sistematizada os métodos empregados nos estudos incluídos, a fim de identificar padrões, inconsistências e possíveis limitações que impactam a análise da relação entre estradiol e função neuromuscular. Essa comparação é apresentada no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 – Comparação dos métodos de mensuração do estradiol e instrumentos de avaliação neuromuscular.

Autor/ Ano	Método de dosagem hormonal	Avaliação de força muscular	Avaliação de desempenho físico
Rathnayake et al., 2021.	Dosagem sérica laboratorial (ensaio imunoenzimático).	Teste de força de preensão manual.	Teste de velocidade de marcha.
Guligowska et al., 2021.	Avaliação de múltiplos hormônios.	Teste de força de preensão manual.	<i>Timed Up and Go; Short Physical Performance Battery.</i>
Yin et al., 2022.	Avaliação de múltiplos hormônios.	Não avaliado.	Não avaliado.
Dalgaard et al., 2022.	Avaliação hormonal sistêmica e intramuscular.	Avaliação de força muscular em exercícios resistidos de membros inferiores (ex.: extensão de joelho), associada à resposta ao treinamento.	Avaliação indireta da função muscular.
Mitoma et al., 2025.	Avaliação de múltiplos hormônios.	Teste de sentar e levantar em 30 segundos.	Avaliação funcional global.
Jin et al., 2024	Dosagem sérica de estradiol.	Não avaliado	Não avaliado.

Zhao et al., 2021.	Avaliação de marcadores bioquímicos gerais.	Teste de força de preensão manual.	Não avaliado.
Vidigal et al., 2025.	Avaliação de múltiplos hormônios.	Teste de força de preensão manual.	<i>Timed Up and Go.</i>
Critchlow et al., 2025.	Dosagem sérica de hormônios sexuais.	Teste de força de preensão manual.	Avaliação funcional indireta.

Fonte: Autor (2026).

Conforme evidenciado por Jin et al. (2024), a relação entre estradiol e massa muscular pode apresentar comportamento não linear, indicando que diferentes métodos e abordagens analíticas podem levar a interpretações distintas. Em relação à avaliação neuromuscular, observa-se maior consistência metodológica, com predomínio do uso do teste de força de preensão manual como medida de força e de testes funcionais para avaliação do desempenho físico. No entanto, nem todos os estudos analisaram simultaneamente força, desempenho e massa muscular, o que resulta em avaliações parciais da sarcopenia.

Essa heterogeneidade metodológica dificulta a comparação direta entre os estudos e reduz a consistência das evidências disponíveis. A ausência de padronização nos critérios diagnósticos de sarcopenia, nos métodos de dosagem hormonal e nos instrumentos de avaliação neuromuscular pode influenciar significativamente os resultados encontrados. Além disso, diferenças relacionadas à faixa etária, nível de atividade física e presença de comorbidades podem atuar como fatores de confusão, tornando difícil determinar se as alterações observadas decorrem predominantemente da deficiência estrogênica ou do próprio processo multifatorial do envelhecimento.

Outro aspecto relevante é a ausência de integração entre os métodos hormonais e funcionais em diversos estudos. Enquanto alguns trabalhos priorizam a avaliação da composição corporal, outros focam exclusivamente na função muscular ou em marcadores bioquímicos, sem estabelecer uma relação direta entre essas variáveis. Dessa forma, a análise dos métodos evidencia não apenas a ausência de padronização, mas também a necessidade de abordagens mais integradas, que associem de forma simultânea a mensuração hormonal e a avaliação funcional.

Critchlow et al. (2025), observaram que a diminuição progressiva dos níveis de estradiol ao longo do envelhecimento esteve associada à redução da massa muscular e da força, sugerindo que o declínio hormonal não apenas acompanha, mas possivelmente contribui para a deterioração da função musculoesquelética. Esses achados reforçam a plausibilidade biológica de que o estradiol exerce papel modulador na manutenção da integridade muscular.

Dalgaard et al. (2022) evidenciaram que a modulação hormonal pode influenciar positivamente a resposta muscular ao exercício, sugerindo que o ambiente estrogênico favorece adaptações neuromusculares. Embora os achados sugiram participação do estradiol na manutenção da função muscular, a maior parte das evidências ainda apresenta delineamento observacional, o que limita inferências causais. Dessa forma, não é possível afirmar de maneira definitiva que a redução do estradiol seja responsável isoladamente pelo comprometimento neuromuscular observado em mulheres pós-menopausa.

A inclusão de estudos que não realizaram mensuração direta dos níveis séricos de estradiol, servem para evidenciar uma limitação importante da literatura atual. Embora esses trabalhos contribuam para a compreensão geral da sarcopenia, eles enfraquecem a especificidade da associação hormonal proposta, uma vez que impossibilitam correlacionar objetivamente os níveis séricos de estradiol com os desfechos neuromusculares analisados. Isso demonstra que parte das evidências disponíveis ainda permanece indireta e baseada em inferências fisiopatológicas

Outro ponto relevante refere-se à heterogeneidade dos instrumentos utilizados. Embora haja relativa padronização na avaliação da força muscular por meio da preensão manual e do desempenho físico por testes funcionais, observa-se que nem todos os estudos avaliam simultaneamente os diferentes componentes da sarcopenia. Essa fragmentação metodológica resulta em análises parciais, dificultando a compreensão global do impacto do estradiol sobre o sistema neuromuscular.

Sob a perspectiva do presente estudo, considera-se que a evidência disponível aponta para uma associação consistente entre a redução dos níveis de estradiol e o comprometimento neuromuscular em mulheres, especialmente no contexto do envelhecimento e da pós-menopausa. No entanto, essa associação ainda é limitada por lacunas metodológicas importantes, como a ausência de mensuração hormonal em parte dos estudos, a heterogeneidade das populações analisadas e a falta de integração entre os diferentes desfechos da sarcopenia.

Dessa forma, entende-se que, embora os achados disponíveis sustentem a relevância do estradiol na função muscular, ainda há necessidade de estudos mais robustos, que integrem avaliação hormonal direta com desfechos funcionais padronizados, permitindo uma compreensão mais precisa e aplicável clinicamente. Essa lacuna evidencia a importância de futuras investigações que considerem o papel do estradiol de forma integrada na fisiopatologia da sarcopenia em mulheres.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que há evidências que sugerem associação entre níveis reduzidos de estradiol e pior desempenho neuromuscular em mulheres idosas com sarcopenia. No entanto, essa relação apresenta limitações importantes devido à heterogeneidade metodológica e à ausência de padronização nos métodos de avaliação.

Diante disso, conclui-se que, embora haja evidências que sustentem a associação entre a redução do estradiol e o declínio neuromuscular em mulheres, essa relação ainda carece de maior consistência metodológica, tornando-se necessário o desenvolvimento de estudos futuros com delineamentos mais robustos, que incluam a mensuração direta dos níveis séricos de estradiol e a avaliação integrada dos parâmetros de sarcopenia, contemplando massa muscular, força e desempenho físico.

Adicionalmente, recomenda-se que futuras pesquisas considerem populações mais homogêneas e utilizem protocolos padronizados de avaliação, a fim de ampliar a comparabilidade dos resultados e fortalecer a aplicabilidade clínica das evidências. Nesse sentido, a compreensão mais aprofundada do papel do estradiol na função neuromuscular pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas e preventivas voltadas à preservação da funcionalidade e da qualidade de vida de mulheres idosas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, D. M. et al. **Avaliação da eficácia da reposição hormonal na prevenção/tratamento da sarcopenia em mulheres no climatério.** In: LUBIANCA, Jaqueline Neves; CAPP, Edison (org.). *Promoção e proteção da saúde da mulher*, ATM 2024/1. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, 2021. p. 197-217.
- BEAUDART, C. et al. **Sarcopenia: burden and challenges for public health.** *Archives of Public Health, Brussels*, v. 72, n. 45, p. 1-8, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/2049-3258-72-45>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- CHO, E. et al. Role of exercise in estrogen deficiency-induced sarcopenia. *Journal of Exercise Rehabilitation*, Seoul, v. 18, n. 1, p. 2-9, fev. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.12965/jer.2244004.002>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- CLARK, B. C.; MANINI, T. M. Sarcopenia $\neq$ dynapenia. *Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, Oxford, v. 63, n. 8, p. 829-834, ago. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/gerona/63.8.829>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- CRITCHLOW, A. J. et al. Longitudinal associations between sex hormones and muscle function in older women. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, Berlin, v. 16, n. 1, p. 1-12, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jcsm.13786>. Acesso em: 02 maio 2026.
- CRUZ-JENTOFT, A. J. et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing, Oxford*, v. 48, n. 1, p. 16-31, jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- CRUZ-JENTOFT, A. J.; SAYER, A. A. Sarcopenia. *The Lancet*, London, v. 393, n. 10191, p. 2636-2646, jun. 2019. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31138-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31138-9). Acesso em: 17 fev. 2026.
- DALGAARD, L. B. et al. Influence of estrogen on muscle adaptation to exercise in postmenopausal women. *Steroids, Amsterdam*, v. 181, n. 1, p. 109087, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2022.109087>. Acesso em: 02 maio 2026.
- DOHERTY, T. J. Invited review: aging and sarcopenia. *Journal of Applied Physiology, Bethesda*, v. 95, n. 4, p. 1717-1727, out. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00347.2003>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- FAUBION, S. S. et al. The 2022 hormone therapy position statement of The North American Menopause Society. *Menopause*, v. 29, n. 7, p. 767-794, jul. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/GME.0000000000002028>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- FIELDING, R. A. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition. *Journal of the American Medical Directors Association*, New York, v. 12, n. 4, p. 249-256, maio 2011.
- GALVÃO, T. F.; PANSANI, T. S. A.; HARRAD, D. **Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises: a recomendação PRISMA.** *Epidemiologia e Serviços de*

Saúde, Brasília, v. 24, n. 2, p. 335-342, abr./jun. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ress/a/TL99XM6YPx3Z4rxn5WmCNCf/?lang=pt>. Acesso em: 05 abr. 2026.

GERACI, A. Sarcopenia and menopause: the role of estradiol. **Frontiers in Endocrinology**, Basel, v. 12, p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.682012>. Acesso em: 17 fev. 2026.

GOODPASTER, B. H. et al. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults. *Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, Oxford, v. 61, n. 10, p. 1059-1064, out. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/gerona/61.10.1059>. Acesso em: 17 fev. 2026.

GROOT, C. P. G. M.; VAN STAVEREN, W. A.; GRAAF, C. Determinants of macronutrient intake in elderly people. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 54, supl. 3, p. S70-S76, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601028>. Acesso em: 17 fev. 2026.

GULIGOWSKA, A. et al. Gonadotropins at advanced age: correlations between gonadotropins and sarcopenia indicators in older adults. **Frontiers in Endocrinology**, Lausanne, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2021.

JIN, F. et al. Association between estradiol levels and muscle mass in postmenopausal women: a cross-sectional study. **Frontiers in Endocrinology**, Lausanne, v. 15, n. 1, p. 1-9, 2024.

KHOSLA, S.; MELTON, L. J.; RIGGS, B. L. The unitary model for estrogen deficiency and the pathogenesis of osteoporosis: is revision needed? **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 26, n. 3, p. 441-451, mar. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jbmr.262>. Acesso em: 17 fev. 2026.

LANDI, F. et al. Sarcopenia as a risk factor for falls in elderly individuals. **Clinical Nutrition**, Edinburgh, v. 31, n. 5, p. 652-658, out. 2012.

LÓPEZ-OTÍN, C. et al. Hallmarks of aging: an expanding universe. **Cell**, v. 186, n. 2, p. 243-278, jan. 2023.

LU, L.; TIAN, L. Postmenopausal osteoporosis coexisting with sarcopenia: the role and mechanisms of estrogen. **Journal of Endocrinology**, Bristol, v. 259, n. 1, p. 1-13, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1530/JOE-23-0116>. Acesso em: 17 fev. 2026.

MACEDO, M. T. S.; ROCHA, J. S. B.; BALDO, M. P. Impacto do exercício físico na sarcopenia em mulheres no climatério: revisão integrativa. **Conexão Ciência**, v. 20, n. 2, p. 130-148, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.24862/ccco.v20i2.2022>. Acesso em: 15 mar. 2026.

MAIORANA, A. et al. Exercise and the nitric oxide vasodilator system. **Sports Medicine**, Auckland, v. 33, n. 14, p. 1013-1035, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.2165/00007256-200333140-00001>. Acesso em: 17 fev. 2026.

MANINI, T. M.; CLARK, B. C. Dynapenia and aging: an update. *Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, Oxford, v. 67, n. 1, p. 28-40, jan. 2012.

MITOMA, T. et al. Oestrogen replacement combined with resistance exercise in older women with knee osteoarthritis: a randomised, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Age and Ageing*, Oxford, v. 54, n. 8, p. afaf224, ago. 2025.

OSTERDAHL, M. F. **Systematic review on the relationship between menopausal hormone replacement therapy, sarcopenia, and sarcopenia-related parameters.** *Maturitas*, Amsterdam, v. 185, p. 108609, 2025.

PHILLIPS, S. M.; WINETT, R. A. Uncomplicated resistance training and health-related outcomes: evidence for a public health mandate. *Current Sports Medicine Reports, Philadelphia*, v. 9, n. 4, p. 208-213, jul./ago. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e3181e7da73>. Acesso em: 17 fev. 2026.

RATHNAYAKE, N. et al. Relationship between estradiol levels and muscle function in women across menopausal stages. *BMC Women's Health*, London, v. 20, n. 1, p. 1-10, 2020.

SANTOS, F. H.; ANDRADE, V. M.; BUENO, O. F. A. Envelhecimento: um processo multifatorial. *Psicologia em Estudo*, Maringá, v. 14, n. 1, p. 3-10, mar. 2009.

SCHAAP, L. A. et al. Higher inflammatory marker levels in older persons: associations with 5-year change in muscle mass and muscle strength. *Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, Oxford, v. 64, n. 11, p. 1183-1189, nov. 2009.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World population ageing. 1. ed. **New York: United Nations**, 2015. 164 p. Disponível em: https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/WPA2015_Report.pdf. Acesso em: 16 fev. 2026.

VIDIGAL, M. et al. Neuromuscular performance and body composition in postmenopausal women. *Journal of Nutrition, Metabolism and Endocrinology*, Cairo, v. 2023, n. 1, p. 1-8, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/jnme/3170619>. Acesso em: 02 maio 2026.

VISSER, M. et al. Relationship of interleukin-6 and tumor necrosis factor-alpha with muscle mass and muscle strength in elderly men and women: the Health ABC Study. *Journal of Gerontology: Biological Sciences and Medical Sciences*, Oxford, v. 57, n. 5, p. M326-M332, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/gerona/57.5.m326>. Acesso em: 17 fev. 2026.

YIN, L. et al. Determination of skeletal muscle mass by aspartate aminotransferase/alanine aminotransferase ratio, insulin and FSH in Chinese women with sarcopenia. *BMC Geriatrics*, London, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03491-9>. Acesso em: 02 maio 2026.

ZHANG, J. et al. Interaction of estradiol and vitamin D with low skeletal muscle mass among middle-aged and elderly women. *BMC Women's Health*, London, v. 23, p. 1-10, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12905-023-02646-z>. Acesso em: 17 fev. 2026.