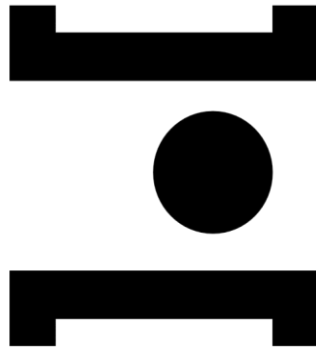


INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM
Escola Superior de Desporto de Rio Maior



**POLITÉCNICO
DE SANTARÉM**

**EFEITOS DE PROGRAMAS DE EXERCÍCIO FÍSICO NA
OSTEOPENIA E OSTEOPOROSE**

Dissertação

Mestrado em Atividade Física e Saúde

Clemente Armando Pinto

Orientação:

Rafael Franco Soares Oliveira

João Paulo Morreira de Brito

Rio Maior, ESDRM – março, 2026

Índice

Índice de Figuras	3
Índice de Tabelas	3
Acrónimos e Siglas	4
Dedicatória	7
Agradecimentos	8
1. Introdução	12
1.1. Enquadramento	13
1.1.1. <i>Definição de Osteopenia e Osteoporose</i>	14
1.1.2. <i>Epidemiologia e Impacto na Saúde Pública</i>	17
1.1.3. <i>Fisiopatologia da Osteoporose e Osteopenia</i>	18
1.1.4. <i>Fatores de Risco e Causas</i>	20
1.1.5. <i>Diagnóstico e Métodos de Avaliação</i>	21
1.1.6. <i>Tratamento e Estratégias de Prevenção</i>	22
1.1.7. <i>O Papel do Exercício Físico na Prevenção e Tratamento</i>	23
1.2. Apresentação do Problema e Pertinência	24
1.2.1. Questões de Investigação	27
1.3. Objetivos	27
1.4. Justificação	28
1.5. Hipóteses de Investigação	29
2. Fundamentação Teórica	30
2.1. Tipos de Exercício e seus Efeitos na Densidade Óssea	31
2.2. Mecanismos Biológicos do Exercício sobre o Metabolismo Ósseo	33
2.3. Exercício em Populações Específicas: Pós-menopáusicas, Idosas e Sedentárias	34
2.4. Recomendações Internacionais (OMS, ACSM, IOF)	35

3. Metodologia	36
3.1. Protocolo e Registo da Revisão	37
3.2. Critérios de Elegibilidade PICOS	37
3.3. Estratégia de Pesquisa e Bases de Dados	39
3.4. Processo de Seleção dos Estudos	40
3.5. Extração e Análise de Dados.....	42
3.6. Avaliação da Qualidade Metodológica Escala PEDro	44
3.7. Certeza da Evidência	45
4. Resultados	47
4.1. Caracterização dos Estudos Incluídos	50
4.2. Intervenções e Protocolos de Exercício	53
4.3. Avaliação da Qualidade Metodológica	58
4.4. Efeitos nos Resultados Principais.....	61
4.5. Certeza de evidência	63
5. Discussão	64
5.1. Interpretação dos Resultados.....	65
5.2. Riscos, Desafios e Limitações.....	69
5.3. Considerações de Segurança e Riscos Associados ao Exercício.....	69
5.4. Limitações Metodológicas dos Estudos Incluídos	70
5.5. Limitações da Revisão Sistemática	71
6. Aplicações Práticas e Recomendações	72
6.1. Implicações para a Prática Profissional	73
6.2. Sugestões para a Prescrição de Exercício Físico	74
6.3. Recomendações para Programas Comunitários.....	75
7. Conclusão e Perspetivas Futuras	77
7.1. Principais Conclusões.....	77
7.2. Contribuições para a Área da Atividade Física e Saúde	78

7.3. Direções para Investigação Futura	79
Referências Bibliográficas	81
Anexos	90

Índice de Figuras

Figura 1: Fluxograma PRISMA 2020.....	49
---------------------------------------	----

Índice de Tabelas

Tabela 1: Critérios de Elegibilidade PICOS.....	38
Tabela 2: Caracterização dos estudos incluídos.....	52
Tabela 3: Intervenções e Protocolos de Exercícios.....	57
Tabela 4: Avaliação da Qualidade Metodológica.....	60

Acrónimos e Siglas

ACSM – American College of Sports Medicine

ACT – Arm Curl Test (Teste de Flexão de Braço)

BBS – Berg Balance Scale (Escala de Equilíbrio de Berg)

BES – Back Extensor Strength (Força Extensora das Costas)

BMD – Bone Mineral Density (Densidade Mineral Óssea)

BPAQ – Bone-specific Physical Activity Questionnaire (Questionário de Atividade Física Específica para Ossos)

Borg – Escala de Percepção de Esforço de Borg

CMJ – Counter Movement Jump (Salto em Contramovimento)

CST – Chair Stand Test (Teste de Levantar da Cadeira)

DMO – Densidade Mineral Óssea

DP – Desvio-padrão

DXA – Dual-energy X-ray Absorptiometry (Absorciometria de Raios X de Dupla Energia)

ECOS-16 – Escala de Avaliação da Qualidade de Vida em Osteoporose

FES-I – Falls Efficacy Scale International (Escala Internacional de Eficácia de Quedas)

FN – Colo do Fémur (Femoral Neck)

FRAX® – Fracture Risk Assessment Tool (Ferramenta de Avaliação de Risco de Fraturas)

FRT – Functional Reach Test (Teste de Alcance Funcional)

FTSTS – Five Times Sit-to-Stand Test (Teste de Sentar e Levantar Cinco Vezes)

g – Aceleração da Gravidade

GC – Grupo de Controlo

GI – Grupo de Intervenção

GS – Grip Strength (Força de Preensão Manual)

HiPRT – High-Intensity Progressive Resistance Training (Treino de Resistência Progressiva de Alta Intensidade)

HiRIT – High-Intensity Resistance and Impact Training (Treino de Resistência e Impacto de Alta Intensidade)

IGF-1 – Insulin-like Growth Factor 1 (Fator de Crescimento Semelhante à Insulina tipo1)

IL-6 – Interleucina 6

IPAQ – International Physical Activity Questionnaire (Questionário Internacional de Atividade Física)

IOF – International Osteoporosis Foundation

L2-L4 – Vértebras lombares (Segunda à Quarta)

LES – Leg Extensor Strength (Força Extensora das Pernas)

LS – Coluna Lombar (Lumbar Spine)

M – Média

MSRT – Maximum Step Repetition Test (Teste de Repetições Máximas de Passo)

μCT – Microtomografia Computorizada

OQLQ – Osteoporosis Quality of Life Questionnaire (Questionário de Qualidade de Vida em Osteoporose)

OMS – Organização Mundial da Saúde (WHO)

OPG – Osteoprotegerina

OSF – Open Science Framework

PEDro – Physiotherapy Evidence Database

PICOS – Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Study Design

PRISMA – Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

QCT – Quantitative Computed Tomography (Tomografia Computorizada Quantitativa)

RANK – Receptor Activator of Nuclear Factor Kappa-B

RANKL – Receptor Activator of Nuclear Factor Kappa-B Ligand

RCT – Randomized Controlled Trial (Ensaio Clínico Randomizado)

Rayyan – Web-based Systematic Review Tool (Plataforma de triagem para revisões sistemáticas)

SAS – Self-Rating Anxiety Scale (Escala de Autoavaliação da Ansiedade)

SDS – Self-Rating Depression Scale (Escala de Autoavaliação da Depressão)

SIP – Sickness Impact Profile (Perfil de Impacto da Doença)

TCKFFG – Tai Chi Kung Fu Fan Group

TCSBG – Tai Chi Softball Group

TC6 – Teste de Caminhada de 6 Minutos

TNF-α- Tumor Necrosis Factor alpha (Fator de Necrose Tumoral alfa)

TUG – Timed Up and Go (Teste de Levantar e Caminhar)

VAS – Visual Analogue Scale (Escala Visual Analógica – dor/fadiga)

VJ – Vertical Jump (Salto Vertical)

VO₂máx – Consumo máximo de oxigénio

WHO – World Health Organization (Organização Mundial da Saúde)

1RM – Uma Repetição Máxima

Dedicatória

Dedico este trabalho, antes de mais, à minha família, pelo apoio incondicional, pela compreensão nos momentos de maior exigência e pela confiança constante ao longo de todo o meu percurso académico. A sua presença, incentivo e paciência foram fundamentais para que fosse possível ultrapassar os desafios inerentes a esta etapa e alcançar este objetivo.

À minha mãe, Segunda Sá, pelo amor e pela fé inabalável com que sempre me levantou. Ao meu pai, Armando Pinto, exemplo de coragem, resiliência, dignidade, visionário que sempre me inspirou cujo percurso continua a me orientar.

Aos meus irmãos, Esperança, Natividade e Armando, pela união, pelo companheirismo e por me ampararem quando mais precisei; e à minha irmã Deusa, que partiu cedo demais, mas cuja memória sigo carregando como luz e coragem em cada nova etapa da minha vida.

À minha esposa, Fatumata, cuja paciência, compreensão e amor constante deram abrigo aos meus dias de cansaço e renovaram a minha determinação quando o caminho parecia longo demais.

Aos meus filhos, Juvenal e Esmeralda, que dão sentido ao meu esforço e transformam cada conquista numa promessa de futuro.

Dedico igualmente este trabalho com profunda emoção ao meu padrinho, Irenio Pedro Alves, a sua presença continua viva em mim discreta e afetuosa acompanhando-me em cada conquista. Aos meus amigos que estiveram presentes ao longo desta caminhada, pelo encorajamento, pelas palavras de motivação e pela compreensão nos períodos de maior dedicação académica.

Por fim, dedico este trabalho a todos aqueles que acreditam na importância da ciência, da atividade física e da promoção da saúde como pilares essenciais para a melhoria da qualidade de vida, em particular na prevenção e tratamento de condições crónicas como a osteopenia e a osteoporose.

Agradecimentos

A elaboração desta dissertação de mestrado representa o culminar de um percurso académico exigente, que envolveu não apenas a aquisição de conhecimentos científicos, mas também um processo contínuo de crescimento pessoal, reflexão crítica e superação de desafios. A concretização deste trabalho só foi possível graças ao contributo, apoio e incentivo de diversas pessoas e instituições, às quais expresso o meu mais profundo agradecimento.

Em primeiro lugar, manifesto o meu sincero reconhecimento ao Professor Doutor Rafael Franco Soares Oliveira e ao Professor Doutor João Paulo Morreira de Brito, orientadores desta dissertação, pela disponibilidade constante, pelo acompanhamento rigoroso e pelas valiosas orientações científicas ao longo de todas as fases deste trabalho. A sua experiência, exigência académica, espírito crítico e contributos metodológicos foram determinantes para o desenvolvimento, estruturação e consolidação desta investigação, contribuindo de forma decisiva para a qualidade científica do estudo apresentado.

Agradeço igualmente ao Instituto Politécnico de Santarém e à Escola Superior de Desporto de Rio Maior, pelo enquadramento institucional e pelas condições proporcionadas ao longo do Mestrado em Atividade Física e Saúde. Ao Presidente do Instituto Politécnico de Santarém, Professor Doutor João Moutão, ao ex-diretor da Escola Superior de Desporto de Rio Maior, Professor Doutor Luís Cid, ao atual diretor Professor Doutor Nuno Pimenta, à ex-coordenadora do curso, Professora Doutora Rita Santos Rocha,

Um agradecimento especial a todos os docentes do curso, ao coordenador do curso, Professor Doutor Marco Branco. à Professora Doutora Liliana Ramos, Professora Doutora Anabela Vitorino, Professora Doutora Cristiana Mercê, Professora Doutora Rita Terruta e Professora Doutora Fátima Ramalho, pelos conhecimentos transmitidos, pela partilha de experiências e pelo contributo para a minha formação académica e profissional, fundamentais para a construção de uma base científica sólida e crítica.

Com mesmo espírito agradecer o apoio dos serviços académicos, biblioteca e demais serviços administrativos.

O meu sincero agradecimento vai para todos os meus colegas de curso, deixo um agradecimento pela partilha de saberes, pelo apoio mútuo e pelo espírito de colaboração ao longo desta etapa académica. As trocas de experiências, discussões e momentos de

entreadjudada foram essenciais para enfrentar as exigências do mestrado e enriquecer o processo de aprendizagem.

Expresso ainda a minha gratidão a todos os autores e investigadores cujos trabalhos científicos serviram de base a esta revisão sistemática. O seu contributo para o avanço do conhecimento na área da atividade física e saúde óssea foi fundamental para a realização desta investigação. Gostaria de destacar aqui aos meus colegas com quem construí laços mais próximos ao longo desta jornada: Ricardo Sá, Micael Rodrigues, Jovane Joinhas, Jovane dos Santos, Bruno Augusto, Cláudia Cardoso, Ana Catarina Galvão e Steffany Guitian.

A minha gratidão estende-se de coração ao Manuel Bagebo, Hermenegildo Alves, Gerson Cia, Mussa Baldé, Fernando Ucó, Brandão Nanque, Amândio Sampa, Amadu Sissé, Lé Bien Mané e Toussaint Sanca agradeço por estarem presentes nos momentos certos, com palavras de força e encorajamento.

Por fim, um agradecimento muito especial à minha família à minha mãe Segunda Sá, ao meu pai Armando Pinto, aos meus irmãos Esperança, Natividade e Armando, à minha esposa Fatumata, aos meus filhos Juvenal e Esmeralda. Com especial emoção, agradeço Ankee e Keys ao meu padrinho, Irenio Pedro Alves. Aos meus amigos, pelo apoio incondicional, pela paciência, compreensão e incentivo permanente, sobretudo nos momentos de maior carga de trabalho e exigência pessoal. O seu apoio emocional e motivacional foi decisivo para a conclusão deste percurso académico.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo o meu profundo e sincero agradecimento.

Resumo

A osteopenia e a osteoporose são caracterizados pela condição de reabsorção óssea com relevância clínica considerável, associadas à diminuição da massa óssea com maior fator de risco a fraturas, principalmente em mulheres após a menopausa e em idade avançada. O exercício físico tem sido indicado como um mecanismo não farmacológico com potencialidade de estimular a formação óssea.

Esta dissertação teve como objetivo integrar e analisar a evidência existente sobre o impacto de programas estruturados de exercício físico na saúde óssea de pessoas com osteopenia ou osteoporose. Para tal, foi realizada uma revisão sistemática seguindo as recomendações PRISMA 2020, com recurso aos critérios PICOS para seleção dos estudos e à escala PEDro para análise da sua qualidade. Foram incluídos sete ensaios clínicos randomizados envolvendo adultos com baixa massa óssea, com intervenções de pelo menos oito semanas.

Os dados obtidos indicam que o treino de força com progressão de carga e supervisionado tende a produzir maior ganhos na densidade mineral óssea. Programas que combinam força, impacto e equilíbrio mostraram benefícios funcionais relevantes, nomeadamente na redução do risco de queda e fraturas. Já as intervenções de baixa intensidade revelaram pouca influência nos valores densitométricos, mas bons resultados funcionais e qualidade de vida.

Conclui-se que o exercício físico estruturado é uma estratégia segura, viável e eficaz para reduzir a perda óssea e melhorar a função musculoesquelética nesta população. No entanto, são necessários estudos com maior rigor metodológico, amostras mais representativas e períodos de seguimento mais longos. Importa ainda sublinhar que a totalidade de estudos incluídos foram desenvolvida na Ásia, Europa, Oceânia e América. O tema permanece praticamente inexplorado em África, particularmente a Guiné-Bissau, as especificidades genéticas, alimentares, estilo de vida e clima destas populações justificam investigação própria, que permita adaptar as recomendações e generalizar as conclusões científicas a nível global.

Palavras-chave: densidade mineral óssea; treino de resistência; impacto mecânico; atividade física; prevenção de quedas; saúde óssea.

Abstract

Osteopenia and osteoporosis are characterised by bone resorption of considerable clinical significance, associated with a reduction in bone mass and an increased risk of fractures, particularly in postmenopausal women and the elderly. Physical exercise has been identified as a non-pharmacological approach with the potential to stimulate bone formation.

The aim of this thesis was to synthesise and analyse the existing evidence on the impact of structured physical exercise programmes on bone health in people with osteopenia or osteoporosis. To this end, a systematic review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines, using the PICOS criteria for study selection and the PEDro scale for quality assessment. Seven randomised clinical trials involving adults with low bone mass, with interventions lasting at least eight weeks, were included.

The data obtained indicate that supervised strength training with progressive loading tends to produce greater gains in bone mineral density. Programmes combining strength, impact and balance demonstrated significant functional benefits, particularly in reducing the risk of falls and fractures. Low-intensity interventions, however, showed little influence on densitometric values, but yielded good functional outcomes and quality of life.

It is concluded that structured physical exercise is a safe, feasible and effective strategy for reducing bone loss and improving musculoskeletal function in this population. However, studies with greater methodological rigour, more representative samples and longer follow-up periods are required. It is also important to emphasise that all the studies included were conducted in Asia, Europe, Oceania and the Americas. The subject remains virtually unexplored in Africa, particularly in Guinea-Bissau; the specific genetic, dietary, lifestyle and climatic characteristics of these populations warrant dedicated research, which would enable the adaptation of recommendations and the generalisation of scientific conclusions at a global level.

Key-words: *bone mineral density; resistance training; mechanical impact; physical activity; fall prevention; bone health.*

1. Introdução

A osteoporose e a osteopenia são condições osteometabólicas cada vez mais comuns no panorama epidemiológico contemporâneo, consequência direta do envelhecimento populacional e suas consequências clínicas, econômicas e sociais associadas (Kanis et al., 2019). Essas alterações, caracterizadas pela diminuição da densidade mineral óssea e pela degradação da microarquitetura do tecido ósseo, levam à vulnerabilidade estrutural à fratura, o que aumenta o risco de fraturas, mesmo com traumas mínimos (Compston et al., 2019). A relevância destas doenças transcende a sua prevalência, pois afeta diretamente a capacidade funcional, autonomia e qualidade de vida das populações envelhecidas, ao mesmo tempo que exerce pressão significativa sobre os sistemas de saúde e recursos económicos (Johnell & Kanis, 2006).

O impacto crescente das fraturas osteoporóticas justifica uma abordagem clínica e científica integradora, que permita mitigar as consequências a curto e longo prazo. Neste contexto, torna-se imperativo compreender os fundamentos fisiopatológicos que sustentam a perda óssea, identificar os fatores de risco modificáveis e não modificáveis, e otimizar os métodos diagnósticos que permitam detecção atempada. Paralelamente, importa delinear estratégias terapêuticas eficazes e sustentáveis, com especial atenção às intervenções não farmacológicas que contribuam para a melhoria da saúde óssea global (Eastell et al., 2019).

A presente investigação visa uma análise crítica e multidimensional destas patologias, contemplando os avanços científicos na caracterização da remodelação óssea, os determinantes da sua deterioração, bem como a avaliação da eficácia das intervenções atuais. Destaca-se, em particular, o papel do exercício físico enquanto instrumento terapêutico de elevado valor, capaz de promover melhorias estruturais, funcionais e biomecânicas no tecido ósseo (Howe et al., 2011).

Assim, o trabalho propõe-se não apenas a reunir e sistematizar a evidência científica relevante, mas também a propor diretrizes que favoreçam a implementação prática de medidas preventivas e terapêuticas com base no exercício físico. Pretende-se, desta forma, contribuir para um modelo de intervenção mais holístico, personalizado e centrado na promoção da saúde esquelética ao longo do ciclo de vida (Giangregorio et al., 2014).

1.1. Enquadramento

A osteoporose foi reconhecida pela Organização Mundial de Saúde como um problema de saúde pública, esta condição afeta aproximadamente 30% das mulheres após a menopausa, sendo que uma percentagem superior a 40% destas mulheres acabará por apresentar fraturas associadas à doença, com maior expressão no colo do fémur, na coluna vertebral e no punho (Rodrigues et al., 2018).

Compreender o metabolismo óssea é fundamental para perceber o que muda quando surge a osteoporose ou a osteopenia. Osso, enquanto tecido vivo e altamente especializado, exerce diversas funções vitais, entre as quais se destacam o suporte estrutural, a proteção de órgãos internos, a regulação do metabolismo do cálcio e do fósforo e a hematopoiese. Ao longo da vida, este tecido sofre contínuas adaptações em resposta a estímulos hormonais, mecânicos e nutricionais, num processo de remodelação óssea que, quando desregulado, culmina em perda de massa óssea e fragilidade esquelética (Boyce & Xing, 2008).

A homeostasia óssea, depende de um equilíbrio meticuloso entre os processos de reabsorção, protagonizado pelos osteoclastos, e de formação óssea, mediado pelos osteoblastos. Fatores endógenos como alterações hormonais, nomeadamente a diminuição do estrogénio na pós-menopausa e fatores exógenos como a inatividade física, dietas pobres em cálcio ou défices de vitamina D, contribuem para a descompensação deste equilíbrio, favorecendo a perda óssea (Eastell et al., 2016).

A insuficiência da formação óssea para compensar a reabsorção acentuada resulta, ao longo do tempo, na degradação da estrutura tridimensional do osso trabecular e na rarefação do osso cortical, comprometendo a sua integridade e resistência (Compston et al., 2019).

Este cenário patológico revela-se especialmente significativo em sociedades onde a população idosa está em crescimento, refletindo uma prevalência preocupante destas condições. Dados recentes apontam que mais de 200 milhões de pessoas globalmente são impactadas pela osteoporose, sendo que uma em cada três mulheres e um em cada cinco homens com mais de 50 anos terão, ao longo da vida, uma fratura osteoporótica (IOF, 2020). Em Portugal, os dados apontam para uma elevada incidência de fraturas da anca e vertebrais, com implicações significativas em termos de morbilidade, mortalidade e impacto económico (Barcelos et al., 2023).

Importa também referir que, além do envelhecimento, outros fatores como o sedentarismo, o tabagismo, o consumo excessivo de álcool e a presença de doenças crónicas como a artrite reumatoide, doenças endócrinas ou renais, potenciam a deterioração óssea e a evolução para quadros de osteopenia e osteoporose (Kanis et al., 2013). O reconhecimento precoce destes determinantes, aliado a estratégias de rastreio e prevenção, constitui uma etapa fulcral para a mitigação dos efeitos destas doenças.

Neste sentido, a densitometria óssea, especialmente através da absorciometria de raios X de dupla energia (DXA) assume-se como a metodologia de referência para a avaliação da densidade mineral óssea, permitindo o diagnóstico precoce de alterações estruturais e a monitorização da resposta terapêutica (Baim et al., 2008). Contudo, a abordagem diagnóstica deverá ser complementada com a análise de fatores clínicos e o cálculo do risco de fratura, por meio de ferramentas como o FRAX®, amplamente reconhecido pela sua validade preditiva (Kanis et al., 2019).

Em síntese, o enquadramento desta problemática requer uma visão integrada da biologia óssea, da epidemiologia das doenças osteometabólicas, dos fatores etiológicos e dos instrumentos diagnósticos disponíveis. O aprofundamento destes conhecimentos permitirá delinear estratégias eficazes de prevenção, diagnóstico e intervenção, com particular enfoque na promoção da atividade física como medida custo-efetiva e segura para a manutenção da integridade do esqueleto ao longo do envelhecimento (Giangregorio et al., 2014; Howe et al., 2011).

1.1.1. Definição de Osteopenia e Osteoporose

A distinção conceptual entre osteopenia e osteoporose assenta na magnitude da perda de densidade mineral óssea e nas implicações clínicas que daí decorrem. A osteopenia, condição intermédia entre o osso saudável e a osteoporose, define-se por uma diminuição da densidade mineral óssea que, embora inferior ao normal, ainda não atinge os limiares estabelecidos para a osteoporose. Esta condição é quantificada, segundo a Organização Mundial da Saúde, por um valor de T-score compreendido entre -1,0 e -2,5 desvios padrão em relação à densidade mineral óssea de referência de um adulto jovem saudável (Kanis et al., 1994). Já a osteoporose é caracterizada por uma redução mais acentuada da densidade óssea, traduzida num T-score igual ou inferior a -2,5,

associada a uma maior fragilidade estrutural e risco substancialmente elevado de fraturas (WHO, 2004).

Este sistema de classificação, baseado na densitometria óssea obtida por absorciometria de raios X de dupla energia (DXA), reflete não apenas o estado estrutural do tecido ósseo, mas também a sua capacidade biomecânica para resistir a traumas de baixa intensidade. A osteoporose, por apresentar um risco significativamente superior de fraturas por fragilidade, é considerada uma doença esquelética sistémica, cuja gravidade clínica decorre da deterioração da microarquitetura óssea, da rarefação do tecido trabecular e da diminuição da resistência global do esqueleto (Compston et al., 2019).

Embora partilhem mecanismos fisiopatológicos comuns, as duas entidades diferem substancialmente nas suas implicações clínicas. A osteopenia é frequentemente assintomática e apenas detetada em exames de rotina, funcionando como um sinal de alerta para a necessidade de intervenção precoce. A progressão para osteoporose não é inevitável, mas a sua prevenção exige a implementação de medidas que promovam a saúde óssea e mitiguem os fatores de risco associados (Eastell et al., 2016). Por outro lado, a osteoporose pode manifestar-se de forma súbita através de fraturas vertebrais, da anca ou do punho, com impacto funcional severo e, frequentemente, irreversível.

Importa destacar que ambas as condições fazem parte do espectro das doenças osteometabólicas e devem ser compreendidas à luz de um contínuo clínico, no qual a perda de massa óssea representa um fenómeno cumulativo ao longo do tempo. A sua etiologia multifatorial inclui determinantes genéticos, alterações hormonais, envelhecimento, défices nutricionais e estilos de vida sedentários, pelo que a sua abordagem requer uma perspetiva integrativa e multidisciplinar (Kanis et al., 2013).

A literatura científica tem reforçado a ideia de que a osteopenia não deve ser encarada como uma condição benigna, mas sim como um marcador precoce de risco osteoporótico. Estudos longitudinais demonstram que uma proporção significativa de fraturas ocorre em indivíduos com T-scores na faixa da osteopenia, progride quando existem outros fatores clínicos associados, como a idade, fraturas anteriores ou reposição hormonal prolongado. Mais de metade das fraturas por fragilidade ocorre em mulheres com osteopenia (Pasco et al., 2006).

Neste contexto, o FRAX® tem-se revelado uma ferramenta valiosa para quantificar o risco absoluto de fratura, integrando fatores de risco clínicos com ou sem densitometria

óssea, o que permite apoiar decisões clínicas mais individualizadas de tratamento farmacológico e não farmacológico (Kanis et al., 2008).

Do ponto de vista fisiopatológico, tanto a osteopenia como a osteoporose traduzem um desequilíbrio entre a reabsorção óssea e a formação óssea, fenómeno que se agrava com o avanço da idade e com a presença de comorbilidades. As alterações hormonais associadas à menopausa representam um dos principais fatores que contribuem para a aceleração da perda óssea nas mulheres. Nos homens, o declínio da testosterona também desempenha um papel no agravamento da fragilidade esquelética (Cummings & Melton, 2002).

A distinção entre osteopenia e osteoporose, embora essencial do ponto de vista clínico e epidemiológico, deve ser complementada por uma avaliação funcional da qualidade óssea e da propensão individual para a ocorrência de fraturas. Assim, a classificação densitométrica deve ser integrada num modelo de avaliação mais abrangente, que contemple a composição corporal, o historial clínico, os fatores de risco modificáveis e a capacidade de equilíbrio e mobilidade do indivíduo (Baim et al., 2008).

Em suma, a definição e conceptualização destas duas entidades não se restringem a parâmetros numéricos de densidade óssea, mas implicam uma análise multifatorial do estado de saúde esquelética. A compreensão aprofundada da osteopenia como fase de transição para a osteoporose reforça a necessidade de medidas proativas e preventivas, nomeadamente através da promoção da atividade física, da suplementação nutricional adequada e do controlo rigoroso dos fatores de risco clínico. O reconhecimento antecipado das fraturas osteoporóticas representa uma oportunidade fundamental para a implementação de intervenções que visem reduzir substancialmente a carga global associada a estas fraturas (Giangregorio et al., 2014).

Segundo (Aibar-Almazán et al., 2022), a osteoporose pode ser classificada em: primária e secundária.

Osteoporose primária: divide-se em osteoporose idiopática e osteoporose evolucionar.

Osteoporose idiopática, surge em crianças, adolescentes e adultos jovens com etiopatogenia desconhecida.

Osteoporose evolucionar, associada ao envelhecimento, subdivide-se em dois tipos: Tipo I (pós-menopausa) e Tipo II (senil).

Tipo I (pós-menopausa), que surge sobretudo pela queda dos níveis de estrogénio nas mulheres entre os 50 anos.

Tipo II (senil), associada ao envelhecimento natural e que tende a manifestar-se após os 70 anos em ambos os sexos.

Osteoporose secundária: Por sua vez, resulta de doenças crónicas ou do uso continuado de determinados medicamentos que interferem no metabolismo ósseo, representando uma proporção minoritária dos casos diagnosticados e podendo ocorrer em qualquer faixa etária.

1.1.2. Epidemiologia e Impacto na Saúde Pública

A osteoporose representa um problema de saúde pública à escala global, cuja incidência tem aumentado em paralelo com o envelhecimento populacional. Estudos europeus demonstram que uma em cada três mulheres e um em cada cinco homens com idade superior a cinquenta anos sofrerão pelo menos uma fratura osteoporótica ao longo da sua vida (Kanis et al., 2019).

A osteopenia e a osteoporose são condições de saúde que lesam milhões de pessoas em todo o mundo, em particular a população idosa, resultando em um acréscimo considerável de quedas, risco de fraturas e implicações da qualidade de vida (Silva et al., 2015).

Este padrão epidemiológico evidencia-se de forma marcante em Portugal, onde a população envelhecida é cada vez mais significativa e a prevalência estimada de osteoporose e osteopenia tende a ser subestimada, dificultando uma abordagem eficaz da patologia (Compston et al., 2019).

A análise da distribuição etária revela que a osteoporose afeta predominantemente indivíduos com mais de sessenta e cinco anos, sendo as mulheres pós-menopáusicas o grupo mais vulnerável devido à redução abrupta dos níveis de estrogénios (Eastell et al., 2016). As fraturas de fragilidade, tais como as do colo do fémur, da coluna vertebral e do punho, constituem as manifestações clínicas mais relevantes. Estas estão associadas a perdas significativas de funcionalidade, a uma diminuição da qualidade de vida e a um aumento da mortalidade no primeiro ano após a ocorrência do evento (Cummings & Melton, 2002).

Em termos económicos, os encargos associados às fraturas osteoporóticas são substanciais. Os custos diretos incluem hospitalizações, intervenções cirúrgicas, reabilitação e tratamentos farmacológicos prolongados, enquanto os custos indiretos refletem-se na perda de produtividade, absentismo laboral e necessidade de cuidados

contínuos ou institucionalização (Johnell & Kanis, 2006). Em Portugal, estima-se que os custos totais ultrapassem centenas de milhões de euros por ano, com tendência para aumento nos próximos anos (IOF, 2021).

O impacto na saúde pública é motivo de especial preocupação, sobretudo quando se considera a taxa de subdiagnóstico. Muitos indivíduos com osteopenia ou osteoporose permanecem sem diagnóstico até à ocorrência de uma fratura, situação que compromete a oportunidade de intervenção precoce. A implementação de programas de rastreio eficazes e acessíveis é imperativa para inverter esta tendência, promovendo o diagnóstico atempado e a gestão individualizada do risco (Kanis et al., 2008).

A literatura científica tem vindo a sublinhar a importância de estratégias de saúde pública que integrem a educação para a saúde óssea, o incentivo à prática de atividade física e uma alimentação adequada em cálcio e vitamina D, como pilares fundamentais na prevenção da doença (Giangregorio et al., 2014). Estas intervenções devem ser complementadas com políticas de saúde orientadas para o envelhecimento ativo e sustentadas por uma vigilância epidemiológica contínua, que permita monitorizar a eficácia das medidas implementadas (Compston et al., 2019).

Neste contexto, a osteoporose deve ser entendida não apenas como uma condição clínica individual, mas como uma ameaça silenciosa à sustentabilidade dos sistemas de saúde, exigindo uma abordagem coordenada entre profissionais de saúde, decisores políticos e a sociedade em geral. A crescente consciencialização sobre esta problemática poderá fomentar uma mudança de paradigma na forma como se previnem, diagnosticam e tratam as doenças osteometabólicas, com repercussões diretas na qualidade de vida das populações envelhecidas.

1.1.3. Fisiopatologia da Osteoporose e Osteopenia

A base fisiopatológica da osteoporose e da osteopenia reside num desequilíbrio dos sistemas celulares que regulam a homeostase óssea. Em condições normais, osteoblastos e osteoclastos atuam de forma coordenada, garantindo um ciclo de remodelação contínuo que preserva a integridade estrutural do esqueleto. Quando este equilíbrio é afetado, a reabsorção óssea passa a prevalecer sobre a formação, originando uma perda progressiva de massa óssea e no enfraquecimento da estrutura interna do osso (Compston et al., 2019).

As alterações hormonais desempenham um papel crucial na disfunção da remodelação óssea. Em particular, a diminuição dos níveis de estrogénios após a menopausa promove uma ativação exacerbada dos osteoclastos, agravando a perda óssea nas mulheres. Simultaneamente, observa-se uma redução na atividade osteoblástica, o que impede a compensação adequada dessa perda. O presente desequilíbrio promove a aceleração da rarefação trabecular e do adelgaçamento do osso cortical, fatores que comprometem a resistência biomecânica do esqueleto (Eastell et al., 2016).

Um dos mecanismos moleculares centrais neste processo envolve o sistema RANK/RANKL/OPG. O ligando RANKL, expresso por osteoblastos e células do estroma, liga-se ao seu recetor RANK nos osteoclastos e nas suas células precursoras, promovendo a diferenciação, ativação e sobrevivência destas células. A osteoprotegerina (OPG), um recetor solúvel produzido pelos osteoblastos, atua como um inibidor competitivo, impedindo a ligação do RANKL ao RANK. Na osteoporose, há uma produção reduzida de OPG e um aumento da expressão de RANKL, o que favorece a atividade osteoclástica (Boyce & Xing, 2008).

Para além dos fatores hormonais, várias condições clínicas podem contribuir para a perturbação do metabolismo ósseo. Entre estas, destacam-se as doenças inflamatórias crónicas, como a artrite reumatoide, as endocrinopatias, como o hipertireoidismo e a síndrome de Cushing, e a utilização prolongada de corticosteróides. Estas condições potenciam a reabsorção óssea e reduzem a formação de nova matriz, afetando a qualidade e quantidade do tecido mineralizado (Weitzmann & Pacifici, 2006).

No plano histomorfométrico, as alterações verificadas na osteoporose incluem a diminuição da espessura e da conectividade das trabéculas, o aumento dos espaços intertrabeculares e a expansão dos canais de Havers, comprometendo a estrutura do osso cortical. Estas alterações traduzem-se numa fragilidade estrutural significativa, que predispõe à ocorrência de fraturas, mesmo perante traumas de baixa intensidade. A integridade do colagénio tipo I, um elemento estrutural vital da matriz óssea, é igualmente comprometida, resultando num efeito prejudicial sobre a elasticidade e a resistência do tecido (Seeman & Delmas, 2006).

Estudos de densitometria óssea e de análise microarquitectónica, reforçam a importância da estrutura óssea na determinação da resistência mecânica, para além da densidade mineral. A introdução de novas tecnologias como a tomografia computadorizada quantitativa (QCT) e a microtomografia (μ CT) permitiu caracterizar

com maior precisão a microestrutura óssea e compreender os mecanismos biomecânicos que contribuem para a fragilidade esquelética (Bouxsein et al., 2010).

Em suma, a fisiopatologia da osteoporose e da osteopenia é complexa e multifatorial, integrando alterações hormonais, desequilíbrios celulares e processos inflamatórios crónicos. A compreensão profunda destes mecanismos é essencial para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas eficazes e para a implementação de medidas preventivas que atuem de forma precoce sobre os fatores de risco modificáveis (Compston et al., 2019; Eastell et al., 2016).

A prática constante de exercício físico promove a proliferação de estrogênios, que são protetores ósseos, atrasa a produção de citocinas osteoclásticas, facilita a multiplicação de osteoblastos e reduz a apoptose osteocitária (Aibar-Almazán et al., 2022).

1.1.4. Fatores de Risco e Causas

A etiologia da osteoporose e da osteopenia apresenta um carácter multifacetado, resultante da interação complexa entre fatores genéticos, hormonais, nutricionais e ambientais (Compston et al., 2019). Predisposições hereditárias desempenham um papel crucial, uma vez que determinadas variantes genéticas podem influenciar a densidade mineral óssea e a eficiência dos mecanismos de remodelação óssea (Compston et al., 2019). Adicionalmente, o envelhecimento representa um fator não modificável determinante, estando associado à diminuição progressiva da massa óssea e à redução da capacidade regenerativa do tecido ósseo (Eastell et al., 2016).

O sexo feminino evidencia maior vulnerabilidade, especialmente após a menopausa, devido à abrupta queda nos níveis de estrogénios que são fundamentais para a manutenção do equilíbrio entre formação e reabsorção óssea (Compston et al., 2019). Além dos aspetos imutáveis, existem fatores modificáveis que contribuem significativamente para o desenvolvimento destas patologias. A prática insuficiente de atividade física está associada a uma diminuição da estimulação mecânica necessária para a manutenção da densidade óssea, promovendo a perda óssea acelerada (Eastell et al., 2016). A deficiência crónica de cálcio e vitamina D compromete a mineralização óssea, facilitando a desmineralização e fragilidade esquelética (Compston et al., 2019). Comportamentos como o tabagismo e o consumo excessivo de álcool exercem efeitos deletérios diretos e indiretos no metabolismo ósseo, interferindo na absorção de nutrientes e alterando o perfil hormonal (Eastell et al., 2016).

Outro conjunto de fatores incluem condições clínicas e tratamentos que afetam negativamente a saúde óssea. A doença celíaca, por exemplo, prejudica a absorção intestinal de cálcio e vitamina D, aumentando o risco de osteoporose (Compston et al., 2019). Doenças endócrinas como o hipertireoidismo aceleram o metabolismo ósseo, resultando em perda óssea excessiva (Weitzmann & Pacifici, 2006). A administração prolongada de corticosteroides, amplamente utilizada em várias patologias inflamatórias, desencadeia um efeito catabólico sobre o tecido ósseo, diminuindo a formação e aumentando a reabsorção (Weitzmann & Pacifici, 2006). A avaliação cuidadosa e a monitorização destes fatores são essenciais para a formulação de estratégias preventivas individualizadas que promovam a preservação da massa óssea e reduzam o risco de fraturas (Compston et al., 2019).

O conhecimento detalhado dos fatores de risco e causas subjacentes permite, assim, a implementação de intervenções direcionadas, desde mudanças no estilo de vida até terapias farmacológicas adequadas (Eastell et al., 2016). A abordagem integrada destes múltiplos determinantes possibilita a minimização do impacto da osteoporose e osteopenia, melhorando a qualidade de vida dos indivíduos afetados e aliviando a carga sobre os sistemas de saúde (Compston et al., 2019).

A atividade física regular é necessária para o envelhecimento saudável, enquanto a inatividade física é caracterizada pelo incumprimento das recomendações de atividade física para preservação da saúde (Coombs et al., 2015).

1.1.5. Diagnóstico e Métodos de Avaliação

A identificação atempada da osteoporose e da osteopenia é determinada pela aplicação integrada de métodos clínicos, laboratoriais e imagiológicos. Neste contexto, a densitometria óssea por absorciometria de raios X de dupla energia (DXA) é reconhecida como o padrão-ouro na quantificação da densidade mineral óssea (Compston et al., 2019). Este procedimento é capaz de mensurar a densidade óssea em regiões anatómicas de interesse, tais como a coluna lombar, o colo do fémur e o rádio distal, fornecendo dados numéricos que, interpretados conforme os critérios da Organização Mundial da Saúde, possibilitam a classificação da condição óssea (Eastell et al., 2016).

Além da densitometria, o uso de ferramentas clínicas como o FRAX torna-se essencial na prática clínica contemporânea, ao integrar variáveis clínicas relevantes e,

opcionalmente, resultados da densitometria para calcular o risco absoluto de fratura nos próximos dez anos (Kanis et al., 2016). A avaliação laboratorial desempenha papel fundamental na exclusão de causas secundárias de perda óssea, incluindo análises bioquímicas como cálcio sérico, fósforo, fosfatase alcalina, função renal e hepática, além dos níveis de vitamina D, hormona paratiroideia e marcadores específicos do metabolismo ósseo (Compston et al., 2019).

Em situações clínicas selecionadas, exames de imagem complementares contribuem para um diagnóstico mais abrangente. Radiografias convencionais revelam fraturas vertebrais, muitas vezes assintomáticas, que são indicadores importantes da fragilidade óssea (Delmas et al., 2005). Técnicas avançadas, como a tomografia computadorizada quantitativa (QCT) e a ressonância magnética, oferecem avaliações detalhadas da microarquitetura óssea, permitindo uma análise precisa da qualidade óssea para além da simples densidade mineral (Bouxsein et al., 2010).

O conjunto destes métodos diagnósticos, quando utilizados de forma complementar, aumenta significativamente a acuidade na deteção e monitorização da osteoporose e da osteopenia, pois facilita as intervenções terapêuticas oportunas e personalizadas (Compston et al., 2019). Esta abordagem multidisciplinar é imprescindível para reduzir a incidência de fraturas, melhorar a qualidade de vida dos pacientes e minimizar os custos associados à gestão clínica destas doenças osteometabólicas (Eastell et al., 2016).

1.1.6. Tratamento e Estratégias de Prevenção

O tratamento da osteoporose e da osteopenia requer uma abordagem integrada, que inclua a aplicação de medidas farmacológicas, intervenções não farmacológicas e mudanças no estilo de vida. A terapêutica farmacológica inclui agentes anti-reabsortivos, como os bifosfonatos e o denosumab, e agentes osteoformadores, como a teriparatida. A finalidade destes fármacos é a de restaurar o equilíbrio do remodelamento ósseo e prevenir a ocorrência de novas fraturas ósseas. No entanto, a adesão terapêutica continua a constituir um desafio, frequentemente condicionada por efeitos adversos, regimes posológicos complexos e ausência de sintomatologia perceptível. Neste contexto, as intervenções não farmacológicas adquirem uma relevância particular. A correção dos défices nutricionais, nomeadamente de cálcio e vitamina D, o abandono de hábitos nocivos como o tabagismo e o consumo de álcool,

e a implementação de programas de exercício físico adaptada revelam-se fundamentais. A prevenção primária deve iniciar-se precocemente, promovendo estilos de vida saudáveis desde a infância e adolescência, garantindo assim a aquisição de um pico de massa óssea adequado, o qual constitui o principal fator protetor contra a perda óssea futura.

O exercício físico é um constituinte muito relevante na prevenção e tratamento da osteoporose e redução de fraturas, levando em conta a prescrição de exercício individual e o estado de saúde óssea (Beck et al., 2017).

1.1.7. O Papel do Exercício Físico na Prevenção e Tratamento

A prática de exercício físico representa um estímulo fisiológico de caráter imprescindível para a preservação da integridade do esqueleto. O impacto mecânico resultante do movimento corporal promove a ativação osteoblástica, estimulando a formação óssea e reforçando a arquitetura interna do osso. Os programas de exercício físico que incluem treino de resistência, impacto controlado e atividades de equilíbrio apresentam benefícios significativos, não só na melhoria da densidade mineral óssea, mas também na redução do risco de quedas e fraturas. O exercício físico contribui ainda para o reforço muscular, melhoria da postura, aumento da coordenação e autonomia funcional, fatores que influenciam diretamente a qualidade de vida dos indivíduos afetados por osteoporose. Apesar dos benefícios comprovados, subsistem desafios relacionados com a adesão a programas de exercício, a prescrição individualizada e a integração efetiva destas práticas nos cuidados de saúde primários e programas comunitários. Exercício físico é considerado o principal tratamento não farmacológico para prevenir a osteoporose, desempenhando um papel fundamental no retardar da evolução da osteoporose (Chang et al., 2022).

O exercício físico pode melhorar o humor, reduzir os sintomas de depressão e ansiedade e aumentar a qualidade de vida, o que é crucial para manter a adesão ao tratamento da osteoporose (Caputo & Costa, 2014).

1.2. Apresentação do Problema e Pertinência

Para contextualizar, a subdetecção e o subtratamento da osteoporose e da osteopenia configuram um problema persistente na prática clínica e nas políticas de saúde, apesar do reconhecimento global do seu impacto em termos de morbidade, mortalidade e custos sanitários (Compston et al., 2019). Evidência epidemiológica, demonstra que muitas fragilidades ósseas permanecem ocultas até à ocorrência da primeira fratura, situação que compromete oportunidades de intervenção precoce e reduz a eficácia de medidas preventivas (Johnell & Kanis, 2006). A inexistência de programas sistemáticos de rastreio, aliada à insuficiente sensibilização da população em geral, contribui para uma baixa taxa de deteção precoce e, conseqüentemente, para a progressão silenciosa da doença (Kanis et al., 2016).

Face a este panorama, manifesta-se a necessidade de reforçar estratégias de rastreio e de adotar abordagens multidimensionais que considerem fatores biomecânicos, funcionais e clínicos, para além da mera mensuração da densidade mineral óssea (Kanis et al., 2013).

Observa-se ainda que a maior parte das fraturas osteoporóticas, ocorrem em indivíduos com densitometria óssea classificada como osteopenia, o que indica que a densidade mineral óssea, isoladamente, não é um preditor suficiente do risco real de fratura (Schuit et al., 2004). Este fenómeno evidencia a necessidade de ferramentas diagnósticas e de avaliação do risco que considerem múltiplos fatores, ultrapassando a simples medição da densidade óssea. Em paralelo, a presença marginal do exercício físico nos protocolos terapêuticos representa uma lacuna significativa, dado o seu papel comprovado na melhoria da massa óssea, do equilíbrio e na redução do risco de quedas (Kemmler et al., 2015).

O reconhecimento destas limitações, reforça a urgência de aprofundar o conhecimento científico sobre a contribuição do exercício físico e outras estratégias preventivas, que possam ser integradas de forma eficaz nas políticas de saúde e na prática clínica (Giangregorio et al., 2014). Esta reorientação poderá potenciar a redução da incidência de fraturas, minimizar os custos associados ao tratamento e promover um envelhecimento saudável e ativo da população (Compston et al., 2019).

A literatura de síntese sobre exercício e saúde óssea apresenta contributos importantes, mas revela heterogeneidade metodológica que limita a extrapolação de recomendações precisas. Revisões sistemáticas e metanálises de grande prestígio analisaram

predominantemente resultados densitométricos, como variações de DMO, e episódios de fratura, produzindo conclusões que sustentam benefícios modestos do exercício em populações pós-menopáusicas (Giangregorio et al., 2014; Howe et al., 2011). Todavia, aquelas revisões realçam variação substancial nos protocolos de intervenção, nas durações de seguimento e na qualidade metodológica dos ensaios incluídos, condicionando a capacidade de definir prescrições de exercício claramente replicáveis (Howe et al., 2011).

Em conformidade com os resultados de algumas sínteses, os programas que combinam treino resistido e atividades de impacto apresentam benefícios mais consistentes. Todavia, os efeitos sobre fraturas clínicas permanecem difíceis de estimar, dada a escassez de estudos com poder de seguimento suficiente (Kemmler et al., 2018). Outras revisões enfatizaram a importância de incorporar medidas funcionais como a força, o equilíbrio e a mobilidade como resultados relevantes na avaliação do risco de fratura, dado o seu papel direto na prevenção de quedas (Giangregorio et al., 2014). Estas diferenças de foco entre revisões, ilustram lacunas conceptuais que o presente estudo procura colmatar, ao integrar simultaneamente parâmetros densitométricos e funcionais na sua análise.

Adicionalmente, a qualidade metodológica dos estudos primários emergiu de forma recorrente como limitação crítica nas revisões publicadas, com frequência de amostras pequenas e falta de monitorização da adesão aos programas de exercício (Howe et al., 2011). Em resposta a estas fragilidades, o projeto em desenvolvimento prevê aplicar uma avaliação rigorosa da qualidade por meio da escala PEDro e sintetizar a certeza da evidência segundo critérios estruturados, que permitem diferenciar efeitos detetáveis de conclusões robustas e confiáveis (Kanis et al., 2019; van Tulder et al., 2003).

As discrepâncias populacionais entre as revisões contribuem para variações nos resultados e na aplicabilidade das recomendações. Enquanto muitas revisões concentram-se exclusivamente em mulheres na pós-menopausa, outras incluem coortes mistas ou masculinas, gerando inconsistência na interpretação dos efeitos do exercício entre subgrupos etários e por sexo (Eastell et al., 2016). O estudo proposto visa, portanto, realizar subanálises pré-definidas por diagnóstico (osteopenia versus osteoporose), idade e sexo, com o objetivo de identificar respostas diferenciadas ao estímulo de treino e de orientar recomendações mais específicas para cada perfil clínico. A temporalidade das intervenções constitui outra fonte de discrepância entre revisões: os ensaios com períodos de intervenção curtos tendem a evidenciar alterações

densitométricas limitadas, ao passo que os estudos com seguimento prolongado apresentam sinais mais claros de benefício sustentado, sobretudo em domínios funcionais (Kemmler et al., 2018). O presente estudo adotará uma abordagem temporal estratificada, com uma análise a curto, médio e longo prazo, para avaliar a consistência dos efeitos ao longo do tempo e a sua relevância clínica face ao risco real de fratura. Esta abordagem é fundamentada pelo facto de as fraturas serem eventos pouco frequentes que requerem amostras grandes e tempo de observação extenso (Pasco et al., 2006). No que concerne às modalidades de exercício, as revisões existentes não permitem, em geral, discriminar de forma conclusiva entre os efeitos de treino de resistência, impacto e exercício aeróbio isolado, devido à mistura de protocolos e às diferenças na monitorização da intensidade e adesão (Howe et al., 2011).

O presente estudo pretende sistematizar e categorizar os protocolos segundo parâmetros padronizados (frequência, intensidade, volume e progressão), para que seja possível comparar eficácia entre modalidades e definir intervenções clínico-práticas replicáveis.

A relevância aplicada do estudo aumenta quando se verifica a escassa representatividade de dados provenientes de contextos ibéricos e portugueses nas revisões internacionais, o que pode limitar a transferência de recomendações para a realidade local (IOF, 2020). Ao incluir estudos de línguas e contextos europeus comparáveis e discutir implicações concretas para programas comunitários em Portugal, o trabalho oferecerá uma interpretação adaptada às necessidades e aos recursos do sistema de saúde nacional.

Em suma, as revisões sistemáticas e metanálises anteriores fornecem uma base valiosa, embora incompleta. O estudo em questão é notável por combinar avaliação densitométrica com resultados funcionais, por aplicar critérios metodológicos rigorosos (PEDro) e por realizar sínteses da certeza da evidência que suportem recomendações práticas, por subgrupos populacionais e por intervalos temporais. Estas diferenças metodológicas e conceptuais visam proporcionar uma contribuição mais utilitária e resistente a vieses, capaz de orientar intervenções de exercício físico com maior probabilidade de reduzir o risco de fratura e melhorar a qualidade de vida das pessoas com osteopenia e osteoporose (Giangregorio et al., 2014; Howe et al., 2011; Kemmler et al., 2018).

1.2.1. Questões de Investigação

- Quais são os efeitos de diferentes tipos de programas de exercício, em termos de modalidade, intensidade e frequência, sobre a densidade mineral óssea, força muscular, equilíbrio e risco de quedas em pessoas com diagnóstico de osteopenia ou osteoporose?
- Existem diferenças significativas na eficácia entre treino de resistência, exercícios de impacto e programas aeróbios quanto à diminuição do risco de fratura e melhoria da funcionalidade em indivíduos com osteopenia e osteoporose?
- Que protocolos de exercício mostram maior efetividade na preservação ou aumento da microarquitetura óssea e na prevenção de fraturas clínicas quando avaliados por subgrupos etários, sexo e diagnóstico densitométrico?

1.3. Objetivos

O objetivo principal desta revisão sistemática consiste em avaliar de forma abrangente a eficácia dos programas de exercício físico na prevenção e tratamento da osteopenia e da osteoporose, integrando resultados densitométricos, funcionais e clínicos, e quantificando a certeza da evidência disponível. Em complementaridade, pretende-se identificar os programas de exercício com melhores resultados para diferentes perfis populacionais, esclarecer mecanismos plausíveis de ação a nível osteobiológico e propor modelos de intervenção alinhados com a prática clínica e políticas de saúde em contexto português.

Para além do objetivo geral, a investigação visa comparar os resultados das intervenções de exercício com os grupos de controlo e de intervenção, avaliar as alterações na densidade mineral óssea, na força muscular, no equilíbrio, na incidência de quedas e fraturas, e medir o impacto na qualidade de vida. O estudo propõe igualmente o desenvolvimento de recomendações de prescrição de exercício baseadas em análise estratificada e na avaliação da certeza da evidência, o que contribui para a redução do risco de fraturas e para a melhoria do bem-estar da população afetada.

1.4. Justificação

A incidência crescente de osteoporose e osteopenia representa um desafio de saúde pública, sobretudo num contexto de envelhecimento populacional e aumento da longevidade. Este cenário acentua a urgência de repensar os paradigmas terapêuticos atuais, frequentemente centrados na farmacoterapia, cuja eficácia isolada tem-se revelado insuficiente para controlar de forma sustentada a progressão da perda óssea e prevenir fraturas (Compston et al., 2019).

Neste contexto, o exercício físico assume particular relevância enquanto intervenção não farmacológica de primeira linha. Para além de apresentar um custo reduzido e de ser facilmente acessível, este programa permite a realização de adaptações osteomusculares benéficas, que se refletem num aumento da densidade mineral óssea e numa melhoria do equilíbrio, da força e da coordenação, diminuindo o risco de quedas e fraturas associadas (Giangregorio et al., 2014).

Importa ainda destacar que os efeitos benéficos dos exercícios físicos não se limitam ao sistema musculoesquelético. Diversos estudos evidenciam melhorias concomitantes em parâmetros cardiovasculares, metabólicos e psicológicos, o que torna esta estratégia particularmente vantajosa em populações idosas com multimorbilidade (Kemmler et al., 2016).

Diante deste panorama, é imprescindível aprofundar o conhecimento acerca dos efeitos do exercício na remodelação óssea, na modulação de vias inflamatórias e na preservação da integridade estrutural do esqueleto, particularmente em fases iniciais da doença ou em grupos com risco aumentado (Weitzmann & Pacifici, 2006).

Assim, justifica-se a realização de uma investigação orientada por critérios de rigor metodológico, que permita consolidar a base científica para a inclusão sistemática do exercício físico em protocolos clínicos e políticas públicas destinadas à prevenção e tratamento da osteoporose e osteopenia.

1.5. Hipóteses de Investigação

Considerando o enquadramento teórico desenvolvido na revisão da literatura, propõem-se as seguintes hipóteses:

Hipótese 1: A participação num programa de exercício físico pode levar a melhorias significativas na densidade mineral óssea de indivíduos com osteopenia ou osteoporose, em comparação com um grupo de controlo que não realiza este tipo de intervenção.

Hipótese 2: A implementação de um programa de exercício físico em pessoas com osteopenia ou osteoporose tende a melhorar a força muscular e o equilíbrio, contribuindo para reduzir o risco de quedas e a incidência de fraturas, quando comparado com o grupo de controlo.

Hipótese 3: Os indivíduos com osteopenia ou osteoporose que participem num programa de exercício físico deverão registar melhorias na qualidade de vida, em comparação com o grupo de controlo.

Hipótese 4: Os participantes do grupo de intervenção deverão apresentar um aumento significativo da força muscular em comparação com o grupo de controlo.

Hipótese 5: Os participantes com osteopenia ou osteoporose que concluírem o programa de intervenções deverão evidenciar uma melhoria significativa na qualidade de vida, em comparação com o grupo de controlo.

Hipótese 6: Os participantes do grupo de intervenção no programa de exercício deverão apresentar uma melhoria significativa no equilíbrio e uma redução da incidência de quedas, em comparação com o grupo de controlo.

Hipótese 7: Espera-se que o programa de exercícios conduza a uma redução significativa do risco de quedas, a um aumento da densidade mineral óssea e da força muscular, bem como a uma melhoria da qualidade de vida, no grupo de intervenção, em comparação com o grupo de controlo.

Por fim, assume-se que a magnitude dos benefícios obtidos através do exercício físico depende fortemente de fatores como a regularidade e a duração das sessões, a intensidade do esforço, a especificidade dos estímulos aplicados, a adesão do indivíduo ao plano proposto e o grau de articulação entre as intervenções clínicas e os programas comunitários de promoção da saúde musculoesquelética (Beck et al., 2017).

2. Fundamentação Teórica

A fundamentação teórica é, por conseguinte, a pedra angular de qualquer investigação científica, ao proporcionar o enquadramento conceptual e a clarificação das evidências disponíveis que sustentam a problemática em análise. No âmbito da osteoporose e da osteopenia, a multiplicidade de fatores envolvidos na sua etiologia, progressão e abordagem terapêutica impõe a necessidade de uma visão integrada, que articule conhecimentos provenientes da biomedicina, da fisiologia do exercício e da saúde pública. A complexidade inerente a tais condições impõe a realização de uma análise meticulosa da literatura científica, de modo a não só compreender os mecanismos subjacentes, mas também identificar as intervenções com maior eficácia comprovada (Compston et al., 2019). A presente secção visa consolidar o corpo de conhecimento necessário para fundamentar as opções metodológicas adotadas neste estudo, enquanto evidencia as lacunas existentes. A literatura revela uma vasta produção académica sobre o papel do exercício físico na saúde óssea. No entanto, persistem divergências quanto à magnitude dos seus efeitos, aos tipos de exercício mais benéficos e à sua aplicabilidade em diferentes populações (Giangregorio et al., 2014). Neste sentido, a fundamentação teórica assume um papel crucial, ao clarificar estes aspetos, ao sistematizar as evidências disponíveis e ao promover uma análise crítica que oriente a investigação. A abordagem conceptual nesta revisão não se limita à análise das repercussões ósseas isoladas, mas contempla igualmente os efeitos sistémicos do exercício sobre parâmetros metabólicos, neuromusculares e funcionais. Esta visão alargada é crucial porque a osteoporose não pode ser entendida apenas como uma perda quantitativa de massa óssea, mas antes como uma condição multifatorial em que interagem dimensões biomecânicas, hormonais, imunológicas e comportamentais (Eastell et al., 2016). Reconhecer esta interdependência é condição essencial para propor modelos de intervenção eficazes, capazes de ir além das abordagens farmacológicas convencionais.

A produção científica, também demonstra que os efeitos preventivos e terapêuticos do exercício não devem ser analisados de forma uniforme, já que variam consoante a idade, o sexo, a fase de vida e a presença de comorbilidades. Esta heterogeneidade metodológica explica, em parte, os resultados discrepantes reportados em revisões sistemáticas e meta-análises (Sherrington et al., 2019). Por essa razão, torna-se

imprescindível compreender os pressupostos teóricos que guiam a investigação nesta área, a fim de permitir uma interpretação contextualizada dos resultados.

Ao propor uma leitura crítica das recomendações internacionais emanadas de entidades como a Organização Mundial da Saúde, a *International Osteoporosis Foundation* (IOF) e o *American College of Sports Medicine* (ACSM) esta secção fundamenta a pertinência de integrar o exercício físico como componente estruturante das estratégias de prevenção e tratamento (Bull et al., 2020; IOF, 2020; Kohrt et al., 2004). A articulação entre a evidência clínica e as orientações normativas internacionais, confere robustez à análise e permite estabelecer a relevância prática dos resultados.

Neste sentido, a fundamentação teórica não constitui apenas um levantamento do estado da arte, mas configura-se como um exercício de síntese crítica e comparativa, através do qual se identificam consensos, contradições e áreas de incerteza. Este processo justifica-se, pelo objetivo central de esta investigação: compreender de forma aprofundada o contributo do exercício físico na osteoporose e na osteopenia, para que forneça elementos que possam orientar futuras práticas clínicas, políticas de saúde e investigações académicas.

2.1. Tipos de Exercício e seus Efeitos na Densidade Óssea

A literatura científica tem demonstrado de forma consistente que o tipo de exercício físico exerce um papel crucial na manutenção da densidade mineral óssea (DMO) e na redução do risco de fraturas ósseas. Exercícios com carga mecânica, como o treino resistido e atividades de impacto, apresentam maior eficácia no estímulo da remodelação óssea do que modalidades aeróbias de baixo impacto (Kohrt et al., 2004). Esta distinção é atribuída à aplicação de forças de tração e compressão sobre o tecido ósseo, as quais são capazes de ativar mecanorreceptores osteocíticos. Estes, por sua vez, desencadeiam respostas osteogénicas (Turner, 1998). Por exemplo, o treino resistido, frequentemente realizado com pesos livres, máquinas ou elásticos, tem demonstrado benefícios relevantes na densidade óssea de regiões críticas, tais como o colo do fémur e a coluna lombar. Os ensaios clínicos aleatórios realizados confirmaram um aumento significativo da DMO em mulheres na pós-menopausa submetidas a programas estruturados de força, em comparação com grupos sedentários ou de controlo (Kelley et al., 2001).

A natureza progressiva e direcionada destes programas contribui não apenas para a preservação do osso, mas também para melhorias funcionais associadas ao risco de queda.

As atividades de impacto, tais como os saltos, a corrida de intensidade moderada e o treino pliométrico, geram forças gravitacionais acrescidas. Estas estimulam a formação óssea nas regiões de suporte de carga. Estudos longitudinais demonstram que mulheres envolvidas em práticas desportivas de impacto apresentam uma densidade mineral óssea superior quando comparadas com praticantes de exercícios de baixo impacto, como a natação ou o ciclismo (Vainionpää et al., 2006). No entanto, é necessário ter em consideração a individualização da prescrição, uma vez que a prática de exercícios de alto impacto pode ser contraindicada em pacientes já debilitados ou com elevado risco de fratura óssea.

As modalidades aeróbias, embora menos eficazes em termos de estímulo osteogénico direto, desempenham papel relevante na melhoria da capacidade cardiorrespiratória, na regulação metabólica e na redução de fatores de risco associados à fragilidade óssea, como obesidade, diabetes e inflamação crónica (Martyn-St James & Carroll, 2009). Caminhadas de intensidade vigorosa, quando realizadas de forma regular e associadas a treino resistido, podem potenciar a eficácia global da intervenção.

Programas multicomponentes, que integram treino resistido, atividades de impacto, exercícios de equilíbrio e alongamentos, revelam-se particularmente eficazes em populações idosas. Revisões sistemáticas apontam que esta abordagem integrada resulta em melhoras consistentes da DMO, da força muscular e da mobilidade, com reduções significativas no risco de queda e fraturas (Sherrington et al., 2019). O carácter multicomponente parece, representar uma estratégia privilegiada para intervenções comunitárias e programas clínicos de prevenção.

A literatura destaca ainda a importância da intensidade, da frequência e da duração do exercício. Sessões de 2 a 3 vezes por semana, com intensidade moderada a elevada e duração mínima de 30 minutos, estão associadas a melhores resultados, particularmente quando os programas são mantidos por mais de 12 meses (Howe et al., 2011). Esta constatação reforça a necessidade de adesão a longo prazo, um dos grandes desafios na prática clínica e comunitária.

2.2. Mecanismos Biológicos do Exercício sobre o Metabolismo Ósseo

O impacto do exercício físico na saúde óssea é mediado por mecanismos celulares e moleculares complexos. O tecido ósseo comporta-se como um órgão mecanossensível, onde os osteócitos desempenham um papel central na deteção de estímulos mecânicos. Durante o exercício físico, as forças de compressão e tração promovem a deformação da matriz óssea, resultando na geração de fluxos de fluidos nos canalículos osteocíticos. Este processo desencadeia respostas intracelulares que estimulam a formação óssea (Bonewald, 2011).

O exercício físico influencia o equilíbrio entre os osteoclastos e os osteoblastos. A prática regular de atividade física estimula a via Wnt/ β -catenina, um processo que se revela fundamental para a diferenciação osteoblástica e deposição de matriz mineralizada (Baron & Kneissel, 2013). Simultaneamente, verifica-se uma regulação negativa da via RANKL/RANK/OPG, o que reduz a reabsorção óssea promovida por osteoclastos (Boyce & Xing, 2008). Este duplo mecanismo traduz-se na preservação da massa óssea e na manutenção da resistência estrutural.

Fatores hormonais também intervêm na resposta ao exercício. A prática de atividade física aumenta a sensibilidade dos tecidos ósseos ao IGF-1 (fator de crescimento semelhante à insulina) e à hormona do crescimento, que são estimuladores da formação óssea (Yakar et al., 2002). Adicionalmente, o exercício físico promove a melhoria do perfil de estrogénios e testosterona, hormonas fundamentais na manutenção da integridade óssea, particularmente após a menopausa e no envelhecimento masculino (Eastell et al., 2016).

Outro mecanismo de relevância manifesta-se no efeito anti-inflamatório do exercício. A prática regular de exercício físico reduz a produção de citocinas pró-inflamatórias, tais como o TNF- α e o IL-6, que estão associadas à ativação osteoclástica e à perda de massa óssea (Weitzmann & Pacifici, 2006). Esta modulação imunitária contribui para a atenuação da inflamação crónica de baixo grau, característica das populações envelhecidas, e constitui um mecanismo protetor adicional.

O exercício também promove modificações estruturais na microarquitetura óssea. Estudos de microtomografia demonstraram que programas de carga mecânica preservam a espessura trabecular, aumentam a conectividade entre trabéculas e reduzem a porosidade cortical, alterações que se traduzem em maior resistência mecânica e menor risco de fratura (Bouxsein et al., 2010).

Estes resultados comprovam que os benefícios do exercício vão além da densidade mineral e incluem a qualidade estrutural do osso.

2.3. Exercício em Populações Específicas: Pós-menopáusicas, Idosas e Sedentárias

As mulheres na pós-menopausa constituem uma população prioritária para intervenções de exercício físico, devido à diminuição súbita dos níveis de estrogénios, que acelera a perda óssea. Estudos clínicos demonstraram que a prática de treino resistido e impacto pode atenuar significativamente a perda óssea e reduzir a incidência de fraturas vertebrais (Kemmler et al., 2015; Nelson et al., 1994). A inclusão de treino de equilíbrio mostra-se particularmente benéfica para este grupo, dada a sua maior vulnerabilidade a quedas.

Nos indivíduos idosos, a fragilidade muscular e a sarcopenia surgem regularmente a par da osteoporose, criando uma combinação que eleva notável risco de quedas e fraturas. Programas diversificados têm mostrado resultados positivos na mobilidade, no tempo de reação e na capacidade muscular, estimulando a redução da ocorrência de quedas recorrentes (Sherrington et al., 2019). Importa ainda referir que os benefícios vão além da densidade óssea, traduzindo-se em melhorias concretas na qualidade de vida e na autonomia funcional, aspetos particularmente valorizados nesta faixa etária.

Face ao exposto reforçam que programas combinados que incluam treino de resistência e equilíbrio são a abordagem mais adequada para adultos com osteoporose ou fratura vertebral (Giangregorio et al., 2014).

O tecido ósseo responde melhor aos estímulos mecânicos quando exposto a eles desde cedo, pelo que a inatividade durante a adolescência compromete o desenvolvimento do pico de massa óssea, aumentando a vulnerabilidade à osteoporose em fases mais avançadas da vida (Baxter-Jones et al., 2008).

Recomendações Internacionais (OMS, ACSM, IOF)

Diversas organizações internacionais têm sido claras sobre o papel do exercício físico na osteoporose. A OMS defende que a atividade física deve fazer parte da vida das pessoas em todas as idades, recomendando pelo menos 150 minutos semanais de exercício moderado e atividades de fortalecimento muscular em dois ou mais dias por semana (Bull et al., 2020). O objetivo é direto manter a massa óssea o mais elevada possível e travar a perda que acompanha naturalmente o envelhecimento.

As orientações do ACSM apontam para programas que combinem treino de força com exercícios de impacto de intensidade moderada a elevada, realizados pelo menos três vezes por semana, sempre de forma progressiva e com acompanhamento profissional (Kohrt et al., 2004). É ainda salientada a necessidade de adaptações individuais, tendo em consideração ao seu estado de saúde e às suas limitações.

A IOF salienta o papel do exercício como intervenção crucial na prevenção primária e secundária. Nas suas publicações mais recentes, a IOF destaca que o exercício deve ser incorporado em estratégias comunitárias de promoção da saúde óssea, em paralelo com nutrição adequada e rastreio clínico (IOF, 2020). Recomenda-se, igualmente, a inclusão de exercícios de equilíbrio e coordenação como medidas preventivas contra quedas.

Estas orientações convergem no reconhecimento do exercício como intervenção de primeira linha, mas diferem na ênfase sobre a intensidade e as modalidades específicas. A OMS foca-se em metas populacionais amplas, enquanto o ACSM e a IOF detalham recomendações clínicas para indivíduos em risco. O presente estudo insere-se neste quadro, procurando fornecer uma análise crítica da evidência disponível para clarificar quais protocolos produzem maior benefício em populações específicas.

3. Metodologia

A metodologia adotada nesta dissertação foi cuidadosamente delineada com o objetivo de garantir rigor científico, transparência e reprodutibilidade em todas as etapas do processo de investigação. A natureza abrangente e multidimensional do tema, os efeitos de programas de exercício físico na osteopenia e osteoporose, exigiu uma abordagem sistemática, capaz de reunir, avaliar criticamente e sintetizar a melhor evidência disponível. Neste sentido, optou-se pela realização de uma revisão sistemática da literatura, seguindo princípios internacionalmente reconhecidos para a elaboração de estudos deste tipo.

A definição prévia do protocolo de investigação permitiu estruturar de forma clara os critérios de inclusão e exclusão dos estudos, as estratégias de pesquisa, os procedimentos de seleção e as técnicas de análise de dados. Esta organização metodológica possibilitou uma avaliação rigorosa das intervenções, assegurando que apenas estudos relevantes e metodologicamente adequados integrassem a síntese final. A utilização de ferramentas reconhecidas, como a declaração PRISMA 2020 para orientar a seleção dos estudos, a escala PEDro para avaliar a qualidade metodológica e para avaliar evidências das intervenções, aplicaram-se os critérios de (Tulder et al., 2003). Finalmente, foi efetuada uma revisão qualitativa para realizar uma síntese da melhor evidência (Kollen et al., 2009; Vaughan-Graham et al., 2015).

A diversidade de protocolos de exercício e de metodologias de avaliação presentes na literatura exigiu uma análise criteriosa, reforçada pela leitura independente dos estudos por revisores distintos e pela aplicação de formulários padronizados de extração de dados. Esta atenção ao detalhe garantiu consistência entre avaliadores e minimizou o risco de enviesamentos, aspetos fundamentais quando se pretende sintetizar resultados provenientes de diferentes estudos.

3.1. Protocolo e Registo da Revisão

O presente estudo fundamenta-se numa revisão sistemática, elaborada em conformidade com as orientações metodológicas propostas por (Rico-González et al., 2022) e com as recomendações estabelecidas pela atualização do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* PRISMA 2020 (Page et al., 2021), cuja *checklist* completa é apresentada no Anexo 1.

A adoção destas diretrizes visa assegurar rigor, transparência e reprodutibilidade em todas as fases do processo de investigação. Com o intuito de consolidar a fiabilidade metodológica e garantir a rastreabilidade das etapas previstas, o protocolo correspondente à presente revisão foi previamente registado na plataforma *Open Science Framework* (OSF), ficando acessível sob o identificador de projeto osf.io/23q4a. Este registo formal reforça o compromisso com a integridade científica e permite que a estrutura metodológica delineada seja consultada e verificada de forma independente.

3.2. Critérios de Elegibilidade PICOS

Os critérios de inclusão e exclusão definidos para esta revisão sistemática foram estruturados segundo a estratégia PICOS (Methley et al., 2014), permitindo uma seleção clara, objetiva e metodologicamente consistente dos estudos a serem integrados. Os critérios em apreço encontram-se apresentados de forma detalhada na Tabela 1, a qual apresenta a síntese dos critérios aplicados às cinco dimensões da estratégia PICOS. A referida tabela abrange a população, os tipos de intervenção analisados, os grupos de comparação, os resultados considerados e o desenho dos estudos elegíveis.

Tabela 1: Critérios de Elegibilidade PICOS

PICOS	Critérios de inclusão e exclusão	
	Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
População	Indivíduos com osteopenia e/ou osteoporose com 35 anos ou mais.	Indivíduos com outras doenças e com menos de 35 anos.
Intervenções	Estudos que envolvem intervenção com programa de exercício em indivíduos com osteopenia e osteoporose com duração mínima de 8 semanas.	Outros métodos de intervenção que não envolvam apenas programas de exercício físico. Estudos que combinem programas de exercício com outras intervenções (ex. fármacos serão removidos).
Comparações	Comparação entre dois momentos distintos: antes e depois da intervenção com exercícios entre grupo de intervenção e de controlo.	Estudos transversais ou sem possibilidade de comparação entre o grupo de intervenção e o grupo de controlo.
Resultados (Outcomes)	Qualquer medida relacionada com efeitos de exercício.	Efeitos agudos ou que não incluam resultados relacionados com exercício.
Desenho de estudo	Exclusivo de estudos randomizados controlado (RCT) publicados em português ou inglês com intervenção por meio de exercício físico.	Estudos não RCT, transversais e estudos de revisão bem como, teses, dissertações ou publicações de conferências.

Durante o processo de seleção, verificou-se que o critério etário inicialmente definido (≥ 55 anos) não refletia de forma precisa a distribuição etária dos estudos relevantes. Assim, e após discussão com o orientador, o critério foi ajustado para ≥ 35 anos, o que justificou a inclusão do estudo de (Papaioannou et al., 2003) que apresenta elevada qualidade metodológica e uma pertinência clínica. Esta alteração encontra-se alinhada com os objetivos da revisão e não compromete a coerência metodológica do presente estudo.

3.3. Estratégia de Pesquisa e Bases de Dados

A pesquisa bibliográfica será conduzida de forma sistemática, recorrendo exclusivamente às bases de dados PubMed e Web of Science até 8 de novembro de 2024, selecionadas pela sua relevância científica e pela abrangência das publicações indexadas nas áreas da saúde, exercício físico e ciências biomédicas. Estas duas bases de dados foram consideradas suficientes para garantir a identificação dos estudos pertinentes ao tema em estudo, sendo também sugeridas nas orientações para pesquisas na área do desporto (Rico-González et al., 2022). Posteriormente, esta estratégia inicial foi ajustada às características específicas de cada base de dados, recorrendo aos operadores booleanos AND e OR, bem como à aplicação de filtros direcionado aos campos de título e resumo e à pesquisa por tópico, consoante os requisitos de cada base de dados.

Na PubMed, a pesquisa foi realizada nos campos Title/Abstract, o que permitiu centrar a investigação nos estudos que abordavam os termos definidos logo no título ou no resumo. A construção da estratégia começou com a inclusão dos termos effects e impact, aos quais foram associados conceitos ligados ao exercício físico, como training program, physical activity e exercise intervention. Estes descritores foram depois combinados com os termos osteopenia e osteoporosis, e ainda com palavras que remetem para a saúde óssea, como bone health, bone density, bone mineral density e BMD. A expressão completa utilizada integrou progressivamente todos os descritores seleccionados e ficou organizada da seguinte forma: effects OR impact AND training program OR physical activity OR exercise intervention AND osteopenia OR osteoporosis AND bone health OR bone density OR bone mineral density OR BMD. Possibilitou uma pesquisa direcionada, permitindo identificar artigos cujo conteúdo se alinham de forma clara com os objetivos desta revisão.

No caso da Web of Science, a estratégia de pesquisa manteve a lógica conceptual utilizada na PubMed, aplicando o mesmo conjunto de descritores relacionados com os efeitos do exercício físico, a osteopenia, a osteoporose e os indicadores de saúde óssea. Contudo, esta estratégia foi adaptada à estrutura própria da plataforma, recorrendo ao campo TS (Topic Search), que permite uma pesquisa temática mais abrangente ao incluir título, resumo, palavras-chave dos autores. Assim, a estratégia

aplicada integrou sucessivamente os descritores definidos para esta revisão, ficando organizada da seguinte forma: effects OR impact AND training program OR physical activity OR exercise intervention AND osteopenia OR osteoporosis AND bone health OR bone density OR bone mineral density OR BMD.

3.4. Processo de Seleção dos Estudos

Em conformidade com as normas internacionais para revisões sistemáticas estabelecidas pelo PRISMA 2020, a seleção dos estudos foi realizada através de um processo estruturado, sequencial e metodologicamente rigoroso, concebido para minimizar erros de inclusão, enviesamentos e interpretações subjetivas. Este procedimento permitiu garantir a transparência e a reprodutibilidade da metodologia, elementos fundamentais na investigação científica contemporânea.

Num estágio preparatório, todos os estudos identificados durante a pesquisa bibliográfica foram importados para um gestor de referências, onde foram efetuadas verificações automáticas e manuais para a remoção de duplicados. Para apoiar este processo, recorreu-se ao software Zotero e à plataforma Rayyan, ferramentas amplamente utilizadas em revisões sistemáticas que facilitaram a organização das referências, a eliminação de duplicados e a triagem sistemática dos estudos, contribuindo para uma maior eficiência e rigor metodológico. A eliminação prévia de registos redundantes revelou-se uma etapa crucial, uma vez que a presença de duplicados poderia inflacionar artificialmente o número de estudos elegíveis e comprometer a integridade do processo de triagem. Esta primeira filtragem permitiu consolidar uma base de dados inicial limpa, proporcionando maior fiabilidade às etapas subsequentes.

Concluída esta organização preliminar, procedeu-se à triagem dos títulos e resumos. Dois revisores (C.P. e R.O.), de forma totalmente independente, analisaram cada registo à luz dos critérios de elegibilidade previamente definidos no protocolo da revisão. Esta análise inicial teve como propósito excluir estudos que, embora relacionados de forma geral ao tema do exercício físico ou da osteoporose, não respondiam às questões específicas delineadas nesta investigação. Foram particularmente valorizados elementos como o tipo de intervenção, o desenho metodológico, a população-alvo e os resultados avaliados. Esta fase, além de reduzir substancialmente o número de estudos

candidatos, permitiu concentrar o foco nos ensaios com potencial real de integrar a síntese final.

Posteriormente, os artigos que não foram eliminados nesta primeira triagem avançaram para a fase de leitura integral. Esta etapa, considerada uma das mais determinantes, implicou uma avaliação aprofundada de todos os elementos metodológicos e de conteúdo apresentados em cada estudo. Os investigadores C.P. e R.O. procederam à leitura integral de cada artigo, de forma independente, e verificaram cuidadosamente a adequação da amostra, a clareza da intervenção, a pertinência dos instrumentos de medida, a consistência das análises estatísticas e a relevância dos resultados relativamente à problemática da osteopenia e da osteoporose. A leitura cuidadosa permitiu identificar estudos com potenciais falhas metodológicas, lacunas nos protocolos ou ausência de dados comparáveis.

Em caso de discordância entre os revisores relativamente à inclusão de determinado estudo, as divergências foram discutidas em reuniões específicas, nas quais cada investigador apresentou os fundamentos da sua interpretação. Quando as divergências se mantiveram, recorreu-se a um terceiro investigador (J.P.B.), que avaliou o artigo de forma independente e contribuiu para uma decisão final consensual. Este procedimento adicionou uma camada suplementar de controlo de qualidade, garantindo que todas as decisões de inclusão ou exclusão fossem meticulosamente fundamentadas.

3.5. Extração e Análise de Dados

A extração de dados, constituiu uma etapa central na operacionalização desta revisão sistemática, sendo conduzida de forma padronizada e rigorosamente estruturada, com o objetivo de garantir a consistência, a precisão e a fiabilidade das informações obtidas a partir dos estudos incluídos. Para este efeito, recorreu-se à utilização de formulários específicos previamente elaborados, nos quais se definiram todas as variáveis a extrair, de modo a assegurar uniformidade entre investigadores e a evitar omissões ou discrepâncias ao longo do processo.

Num primeiro momento, um investigador (C.P.) dedicou-se à recolha meticulosa de todos os elementos relevantes, preenchendo minuciosamente os formulários com a informação reportada nos artigos originais. A presente recolha abrangeu um vasto conjunto de parâmetros, iniciando pelas características gerais das amostras, tais como a idade média, a distribuição por sexo, o tipo de estudo e os participantes por grupo de intervenção e controlo. A análise dos elementos supramencionados permitiu uma contextualização apropriada de cada estudo, bem como a identificação de eventuais particularidades populacionais com potencial para influenciar os resultados.

Posteriormente, procedeu-se à recolha de dados específicos sobre os protocolos de intervenção, uma vez que o tipo de exercício, a intensidade, a frequência e a duração das sessões constituem variáveis essenciais para a interpretação dos efeitos na saúde óssea. Neste sentido, para cada estudo foram registados pormenores como o tipo de treino (resistência, impacto, aeróbio, multicomponente), os métodos utilizados (peso livre, máquinas, exercícios pliométricos, caminhada, entre outros), a intensidade prescrita (percentagem da repetição máxima, perceção subjetiva de esforço, carga utilizada), o número de sessões por semana, a duração total do programa e o grau de supervisão das atividades. Esta informação permitiu categorizar e comparar intervenções com elevado rigor descritivo, elemento crucial em revisões que envolvem múltiplas modalidades de exercício.

No que diz respeito aos resultados, foram extraídos sistematicamente os resultados relacionados com a densidade mineral óssea em diferentes sítios anatómicos (coluna lombar, colo do fémur, quadril total, rádio distal). Foram registados outros resultados funcionais frequentemente utilizados na avaliação da saúde musculoesquelética, como força muscular (avaliada por dinamometria, testes de 1RM ou testes funcionais),

equilíbrio (testes de apoio unipedal, escalas de equilíbrio) e indicadores de mobilidade (testes de marcha, levantamentos repetidos de cadeira, entre outros). Estes parâmetros são fundamentais para compreender não apenas as alterações estruturais no tecido ósseo, mas também os efeitos do exercício na funcionalidade global, que desempenha papel determinante na prevenção de quedas e fraturas.

A extração de dados incluiu estimativas quantitativas sempre que disponíveis após a intervenção, sendo fundamentais para a comparação e identificação de tendências consistentes entre estudos.

Com o objetivo de otimizar a precisão e reduzir os erros, a totalidade dos dados obtidos foi submetida a uma verificação adicional por um segundo investigador (R.O.), que analisou minuciosamente todos os registos, comparando-os com os conteúdos originais dos artigos. Este procedimento de dupla verificação constituiu uma medida robusta de controlo de qualidade e contribuiu significativamente para a redução do risco de erros de transcrição, incompreensões metodológicas ou interpretações incorretas. A adoção do presente procedimento encontra-se em conformidade com as melhores práticas internacionais em revisões sistemáticas, frequentemente aconselhadas por entidades especializadas, em virtude da sua eficácia na minimização do viés de extração e na promoção de maior fiabilidade entre revisores.

Em conjunto, este processo metucioso garantiu que todos os dados considerados na síntese final fossem exatos, completos e metodologicamente rigorosos, reforçando a validade das conclusões e permitindo uma interpretação crítica sólida dos efeitos dos programas de exercício na osteopenia e na osteoporose.

3.6. Avaliação da Qualidade Metodológica Escala PEDro

A avaliação da qualidade interna dos ensaios clínicos incluídos nesta revisão sistemática constituiu uma etapa essencial para determinar o grau de confiança que poderia ser atribuído aos seus resultados. Para esse efeito, utilizou-se estudo de (Maher et al., 2003).

A escala PEDro, instrumento amplamente reconhecido e frequentemente aplicado na área da fisioterapia e das ciências do movimento humano. Descritos em detalhe no Anexo 2. Esta escala, desenvolvida para avaliar a qualidade metodológica de ensaios clínicos controlados, assenta num conjunto de critérios rigorosos que procuram refletir a robustez do desenho experimental e a fiabilidade das conclusões apresentadas pelos autores.

A atribuição da pontuação, que pode variar entre 0 e 10 pontos, é efetuada com base em dez itens relacionados com aspetos metodológicos fundamentais, tais como randomização adequada, ocultação da alocação, comparabilidade inicial entre grupos, cegamento dos participantes, terapeutas e avaliadores, uso de análise por intenção de tratar e apresentação clara dos resultados. Ainda que nem todos os itens contribuam de igual modo para a minimização do risco de viés, o conjunto total constitui um indicador relevante da qualidade global do estudo. A literatura especializada considera, de modo geral, que pontuações iguais ou superiores a 4 representam uma qualidade metodológica aceitável para inclusão em revisões sistemáticas que abordam intervenções no domínio da atividade física.

Para garantir a objetividade da avaliação, dois revisores (C.P. e R.O.) procederam à classificação de forma inteiramente autónoma. Cada artigo foi submetido a uma análise detalhada, com os eventuais desacordos entre os avaliadores a serem discutidos em reuniões formais. Em caso de divergência de opiniões, era nomeado um terceiro revisor, detentor de maior experiência em avaliação metodológica, para emitir um parecer decisivo. Este procedimento teve como consequência um reforço da fiabilidade dos julgamentos e uma redução da influência de interpretações individuais ou subjetivas.

Importa salientar que, embora ofereça uma estrutura sólida e amplamente validada, a sua aplicação a estudos envolvendo exercícios físicos apresenta limitações inerentes ao próprio tipo de intervenção. Critérios como o cegamento dos participantes ou dos terapeutas são virtualmente impossíveis de cumprir em ensaios desta natureza, dado

que a participação ativa em atividades físicas impede o ocultamento da intervenção. Assim, mesmo estudos cuidadosamente concebidos e executados com elevado rigor metodológico tendem a registar pontuações moderadas, não necessariamente refletindo uma verdadeira fraqueza do estudo, mas antes a inadequação de certos critérios à realidade das intervenções comportamentais.

Este fenómeno torna-se evidente ao observar-se o padrão de resultados reportado na literatura. Tal como ilustrado por investigações anteriores, como a de Kollen et al. (2009), é comum que ensaios clínicos sobre exercício físico obtenham pontuações entre 4 e 8 na escala PEDro. Esse intervalo, embora considerado metodologicamente aceitável, não impede que análises críticas complementares revelem fragilidades relevantes, como a ausência de cegamento de avaliadores ou insuficiências na descrição da alocação aleatória. A presença reiterada de tais limitações reforça a necessidade de interpretar as pontuações com cautela, reconhecendo que a classificação final pode subestimar o verdadeiro risco de viés, sobretudo em estudos que dependem de comportamentos voluntários e intervenções ativas.

Além disso, deve ser sublinhado que a escala PEDro, apesar da sua utilidade, não abrange todos os aspetos fundamentais da qualidade metodológica, como a fidelidade da intervenção, a adesão dos participantes, a robustez das análises estatísticas ou a clareza do relatório. Assim, a sua aplicação deve ser complementada por apreciação crítica mais abrangente, permitindo compreender não apenas a pontuação obtida, mas também as particularidades metodológicas que podem ter influenciado a credibilidade dos resultados.

3.7. Certeza da Evidência

Com base na escala PEDro, foram aplicados os critérios para avaliar a força de evidência das intervenções (Tulder et al., 2003). Assim, um estudo com uma pontuação da PEDro ≥ 6 foi considerado nível 1 (elevada qualidade metodológica, sendo 6–8 considerada boa qualidade e 9–10, excelente qualidade) e uma pontuação ≤ 5 foi considerado nível 2 (baixa qualidade metodológica, sendo 4–5 considerada moderada e <4 considerada pobre). Além disso, foi realizada uma revisão qualitativa para realizar uma síntese da melhor evidência (Kollen et al., 2009; Vaughan-Graham et al., 2015). Esta classificação indica que, se o número de estudos que apresentam o mesmo nível de evidência para a mesma medida de desfecho ou equivalente for inferior a 50% do

número total de estudos, não se pode concluir nenhuma evidência sobre qualquer dos métodos envolvidos no estudo.

4. Resultados

O presente capítulo expõe os resultados alcançados mediante a implementação do protocolo metodológico estabelecido previamente. Após a conclusão das etapas de investigação, triagem, extração e avaliação crítica, emergiu um conjunto de estudos que preencheram os critérios de elegibilidade estabelecidos e que permitiram sintetizar a evidência disponível sobre os efeitos de programas de exercício físico na densidade mineral óssea e na funcionalidade de indivíduos com osteopenia ou osteoporose.

Os resultados são apresentados de forma sequencial e coerente, iniciando com a caracterização geral dos estudos incluídos, seguindo com a descrição pormenorizada dos protocolos de intervenção, a avaliação da qualidade metodológica e, por fim, a apresentação dos efeitos dos exercícios nos principais resultados analisados. Esta organização facilita a compreensão global da evidência reunida e permite identificar, de forma clara, tendências, consistências e discrepâncias entre os estudos analisados.

A exposição dos resultados segue uma estrutura objetiva e descritiva, respeitando a necessidade de apresentar os dados de forma imparcial, sem antecipar interpretações ou julgamentos críticos, os quais serão aprofundados no capítulo de Discussão. Este capítulo estabelece uma ligação crucial entre a metodologia implementada e a análise interpretativa subsequente, fornecendo uma base empírica substancial e meticulosamente documentada que serve de suporte às conclusões finais deste trabalho.

Ao longo destas etapas, todas as decisões foram meticulosamente registadas, pode ser consultado no fluxograma PRISMA 2020 (Figura 1).

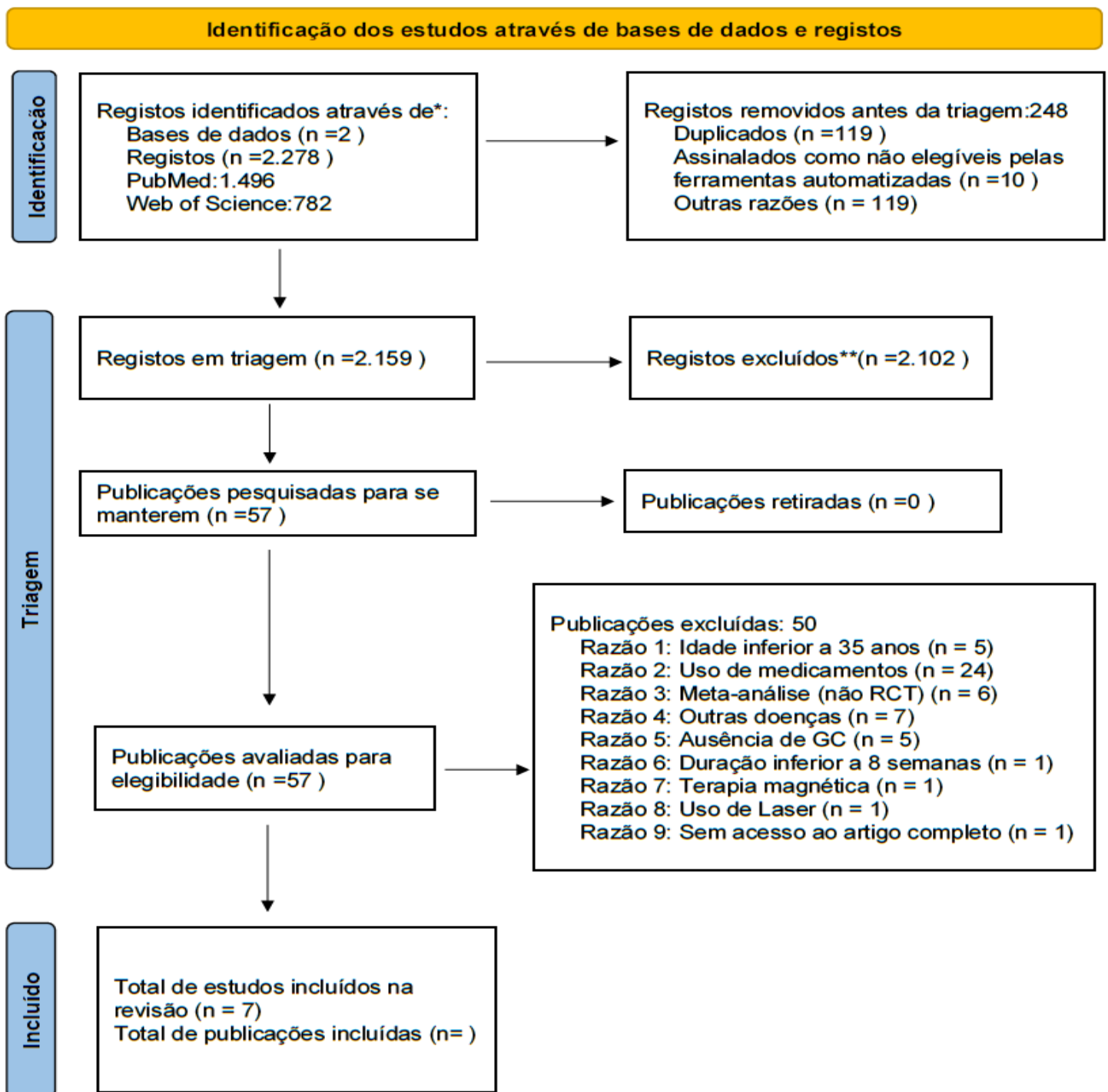
O percurso completo dos estudos, o qual apresenta o número de registos excluídos em cada fase e as respetivas justificações. Esse diagrama refletiu o percurso total dos estudos desde a identificação inicial até à inclusão final, evidenciando o número de registos excluídos em cada fase e as respetivas razões.

Importa salientar que este processo criterioso de triagem não só assegurou a qualidade metodológica dos estudos incluídos, como também reforçou a validade externa da revisão, na medida em que garantiu que apenas estudos metodologicamente sólidos contribuíram para a síntese da evidência. Simultaneamente, assegurou-se que as

exclusões foram devidamente justificadas, preservando a objetividade e evitando interpretações arbitrárias.

O processo de seleção dos estudos seguiu as recomendações do PRISMA 2020. Após a análise das duas bases de dados utilizadas (PubMed: 1.496; Web of Science: 782), foram identificados um total de 2.278 registos. Antes da fase de triagem, foram eliminados 248 registos, incluindo 119 duplicados, 10 registos eliminados por ferramentas automáticas e 119 registos excluídos por outros motivos, resultando num total de 2.159 registos para a triagem de título e resumo. Nesta fase, foram eliminados 2.102 registos por não satisfazerem os critérios estabelecidos, permanecendo 57 artigos para leitura integral. Após a análise exaustiva dos textos completos, foi necessário excluir um total de 50 estudos por diversas razões. Dentre estas, destacam-se: idade inferior ao limite estabelecido (n=5), uso de medicamentos (n=24), ausência de desenho metodológico adequado, nomeadamente ensaios clínicos não randomizados (n=6), presença de outras doenças (n=7), ausência de grupo de controlo (n=5), intervenções com duração inferior a 8 semanas (n=1), uso de terapias não enquadradas nos critérios, como terapia magnética (n=1), uso de laser (n=1), e falta de acesso ao texto completo (n=1). Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, sete estudos foram selecionados e incluídos na revisão sistemática, constituindo o corpo de evidência analisado.

PRISMA 2020 Fluxograma para novas revisões sistemáticas que incluem buscas em bases de dados, protocolos e outras fontes



Traduzido por: Verónica Abreu*, Sónia Gonçalves-Lopes*, José Luís Sousa* e Verónica Oliveira / *ESS Jean Piaget - Vila Nova de Gaia - Portugal de: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

Figura 1. Apresentação de Fluxograma PRISMA 2020 de seleção de estudos

Fonte: Adaptado de (Page et al., 2021).

4.1. Caracterização dos Estudos Incluídos

A revisão sistemática incluiu sete ensaios clínicos randomizados publicados entre 2003 e 2024, conduzidos em países como o Paquistão, China, Espanha, Áustria, Austrália e Canadá. A maioria das amostras dos estudos incidiu sobre mulheres que se encontravam em período pós-menopausa ou idosas com osteopenia ou osteoporose, embora um dos ensaios tenha incluído mulheres na pré-menopausa e outro tenha integrado participantes idosos de ambos os sexos. Todas as investigações adotaram metodologias robustas e comparáveis, garantindo consistência e qualidade na análise dos resultados.

No total, participaram 381 indivíduos, dos quais 200 integraram os grupos de intervenção e 181 os grupos de controlo, o que corresponde a uma média de aproximadamente 54 participantes por estudo. A distribuição por estudo foi a seguinte: De acordo com (Riaz et al., 2024), foram incluídos 22 participantes no grupo de intervenção e 21 no de controlo. Segundo(Kong et al., 2023), foram distribuídos 36 participantes pelos três grupos de intervenção e 13 no grupo de controlo. Por sua vez, (Sanchez-Trigo et al., 2023) contaram com 24 participantes no grupo de intervenção e 22 no de controlo. Posteriormente, (Posch et al., 2019) envolveram 20 participantes em cada grupo. O estudo de (Watson et al., 2018) incluiu 49 participantes no grupo de intervenção e 52 no de controlo. O estudo de (Watson et al., 2015) integraram 12 participantes no grupo de intervenção e 16 no grupo de controlo. Por último,(Papaioannou et al., 2003) incorporaram 37 participantes cada grupo.

Relativamente à distribuição por género, a amostra apresentou uma predominância significativa de indivíduos do sexo feminino, o que reflete a maior prevalência de osteopenia e osteoporose na população feminina. No total, foram contabilizadas 357 mulheres e 24 homens, sendo estes últimos apenas incluídos no estudo de(Kong et al., 2023), conforme ilustrado na Tabela 2. Esta predominância feminina é coerente com a epidemiologia da doença, reforçando a pertinência de estudar intervenções de exercício físico direcionadas para este grupo.

Relativamente à idade, a maioria dos estudos incluiu participantes com idade igual ou superior a 55 anos. No entanto, um dos ensaios centrou-se em mulheres em pré-menopausa, com idades entre os 35 e os 50 anos, apresentando médias de idade de $40,6 \pm 4,7$ anos no grupo de intervenção e $42,2 \pm 5,1$ anos no grupo de controlo.

Considerando o conjunto global de investigações, o intervalo etário variou entre aproximadamente 35 e 72 anos, permitindo abranger diferentes fases de risco para a perda óssea.

Tabela 2: Caracterização dos estudos incluídos

Nº	Autor (Ano) País	Objetivos	Participantes por Grupo	Participantes por Sexo	Idade (Média ± Desvio Padrão ou Faixa Etária)	Tipo de Estudo
1	Riaz et al. (2024) Paquistão	Avaliar os efeitos do treino <i>gamificado</i> com realidade virtual baseada no <i>Kinect</i> no desempenho físico e na qualidade de vida em mulheres pós-menopáusicas com osteopenia.	GI: 22 GC: 21	F= 43	GI: 58,27 ± 5,13 GC: 58,00 ± 5,52	RCT
2	Kong et al. (2023) China	Avaliar três (3) programas de exercícios de <i>Tai Chi (TC)</i> sobre a densidade mineral óssea (DMO) em indivíduos idosos com osteoporose.	GI: 24TCCG=13 TCKFFG=12 TCSBG=11 GC=13	M=24 F=25	GI: 24TCCG=60.0±3.4 TCKFFG=59.1±2.7 TCSBG=58.6±2.3 GC=59.2±2.7	RCT
3	Sanchez et al. (2023) Espanha	É de investigar a eficácia de um programa de exercícios de intervenção <i>mHealth</i> na saúde óssea de mulheres na pré-menopausa sem supervisão direta.	GI=24 GC=22	F=46	GI=40.6±4.7 GC=42.2±5.1	RCT
4	Posch et al. (2019) Áustria	Avaliar a eficácia de uma intervenção combinada de exercícios de equilíbrio, força, e saltos no <i>mini- trampolin</i> em mulheres idosas com osteopenia no equilíbrio estático e mobilidade funcional.	GI=20 GC=20	F=40	GI=69.6±5.3 GC=67.4±6.8	RCT
5	Watson et al. (2018) Austrália	Analisar a eficácia do treino de resistência e impacto de alta intensidade (<i>HiRIT</i>), em mulheres pós-menopáusicas com baixa massa óssea e avaliar se <i>HiRIT</i> melhora geometria óssea e função física.	GI: <i>HiRIT</i> =49 GC=52	F=101	GI: <i>HiRIT</i> =65.0±5.0 GC:65.0±5.0	RCT
6	Watson et al. (2015) Austrália	É de determinar a segurança e eficácia do treino de resistência progressiva de alta intensidade (<i>HiPRT</i>), em mulheres pós-menopáusicas com baixa massa óssea e função física.	GI: <i>HiPRT</i> =12 GC=16	F=28	GI: <i>HiPRT</i> =65.3±3.9 GC=66.7±5.4	RCT
7	Papaioannou et al. (2003) Canadá	É de investigar o efeito de um programa de exercícios domiciliário de seis (6) meses na qualidade de vida em mulheres idosas com osteoporose e fraturas vertebrais.	GI=37 GC=37	F=74	GI=71.6±7.33 GC=72.2±7.98	RCT

Nota. GC= Grupo de Controlo; GI= Grupo de Intervenção; RCT= Ensaio Clínico Randomizado; *HiRIT*= Treino de Resistência e Impacto de Alta Intensidade; *HiPRT*= Treino de Resistência Progressiva de Alta Intensidade; *TCSBG*= Grupo Tai Chi de Softball; *TCKFFG*= Grupo Tai Chi Kung Fu Fan; *24TCCG*= Grupo Tai Chi Chuan de 24 Movimentos.

4.2. Intervenções e Protocolos de Exercício

Os protocolos de exercício analisados nos sete ensaios clínicos incluídos nesta revisão apresentam uma diversidade considerável quanto ao tipo de exercício, duração, intensidade, à organização das intervenções, frequência semanal e forma de supervisão, refletindo a variedade de abordagens utilizadas no tratamento e prevenção da osteopenia e osteoporose.

No estudo de (Riaz et al., 2024), o grupo de intervenção submeteu-se a um programa gamificado com recurso ao Kinect (plataforma para o desenvolvimento de aplicações estimulantes baseadas em jogos, tanto no cuidado de idosos como na reabilitação pós-AVC), incluindo jogos, aquecimento, componentes principais e uma caminhada diária de 30 minutos, durante um período de 24 semanas, três vezes por semana, sob supervisão fisioterapêutica. O grupo de controlo executou apenas caminhadas sem um programa estruturado. (Kong et al., 2023) realizaram uma avaliação de três modalidades distintas de Tai Chi ao longo de 16 meses, quatro vezes por semana, com sessões de 60 minutos. As modalidades incluíam movimentos básicos (TCCG), Tai Chi com leque (TCKFFG) e Tai Chi com bolas (TCSBG). Todas as modalidades foram supervisionadas por treinadores e profissionais de saúde, enquanto o grupo de controlo manteve os seus hábitos diários.

Os autores (Sanchez-Trigo et al., 2023), implementaram um programa com a duração de seis meses, que incluía sessões diárias de 10.000 passos e 60 impactos com aceleração superior a 4 g. Esta intervenção foi caracterizada como moderada a vigorosa. O grupo de controlo manteve o seu estilo de vida habitual. No âmbito do estudo realizado por (Posch et al., 2019), foi aplicada uma intervenção de equilíbrio, força e saltos progressivos em minitrampolim, com uma frequência de duas sessões semanais de 45 a 60 minutos, supervisionadas por instrutores especializados. O grupo de controlo não realizou qualquer intervenção estruturada.

Os estudos de (Watson et al., 2015, 2018) focalizaram-se no treino de resistência e impacto de alta intensidade (HiRIT) e treino de resistência progressiva de alta intensidade (HiPRT), executado duas vezes por semana ao longo de oito meses. As sessões incluíam exercícios como agachamento, levantamento da terra e saltos, com cinco séries de cinco repetições a 80–85% de 1RM. Nos dois estudos, o grupo de controlo submeteu-se a programas de baixa intensidade, especificamente caminhada,

flexibilidade e alongamentos. As sessões HiRIT e HiPRT foram supervisionadas por profissionais de exercício e fisioterapeutas, enquanto o acompanhamento no grupo de controlo foi indireto ou mínimo.

Por fim, (Papaioannou et al., 2003) aplicaram um programa de exercício físico no domicílio, com uma duração de seis ou doze meses, composto por três sessões semanais de 60 minutos, que incluíam exercício aeróbico (como caminhada), alongamentos e treino de força. As participantes do grupo de intervenção receberam supervisão mensal por fisioterapeutas e apoio telefónico quinzenal, enquanto o grupo de controlo apenas recebeu contactos mensais por telefone e não realizou exercício estruturado.

As intervenções incluíam diferentes modalidades, tais como treino de resistência de alta intensidade, programas de Tai Chi, exercícios gamificados, caminhadas estruturadas, treino em minitrampolim e programas domiciliários. A duração deste período variou entre 12 semanas e 16 meses, enquanto a frequência oscilou entre duas e sete sessões por semana. Em todos os estudos, o grupo de intervenção recebeu algum tipo de supervisão direta, enquanto o grupo de controlo não realizou exercício estruturado ou participou apenas em atividades de baixa intensidade. As intervenções implementadas nos estudos em questão encontram-se discriminadas na Tabela 3.

Tabela 3: Intervenções e Protocolos de Exercício

Nº	Autor (Ano) País	Duração/Freqüência/Sessão	Exercício/Intensidade	Supervisão	Instrumentos/Testes/Avaliação/ Variáveis	Resultados
1	Riaz et al. (2024) Paquistão	24 semanas 3 vezes por semana 45 minutos por sessão	<i>GI</i> =Treino <i>gamificado com Kinect</i> (vários jogos, aquecimento, parte principal e arrefecimento) e a caminhada de 30 minutos/dia. <i>GC</i> = Caminhada 30 minutos/dia sem programa estruturado de exercícios. Ambos os grupos foram aconselhados a caminhar.	<i>GI</i> = supervisionado por fisioterapeuta; <i>GC</i> = não supervisionado.	<i>TUG</i> , <i>FRT</i> , <i>FTSTS</i> , <i>MSRT</i> , força de preensão manual (dominante e não-dominante), escala de <i>Borg</i> , índice de dispneia, <i>ECOS-16</i> (qualidade de vida).	O grupo de intervenção apresentou melhorias significativas em todos os resultados em comparação com o grupo de controlo, incluindo desempenho físico, força, equilíbrio, fadiga, dispneia e qualidade de vida.
2	Kong et al. (2023) China	16 meses 4x/semana 60 min/sessão	<i>GI</i> = <i>24TCCG</i> , realizou movimentos básicos de <i>Tai Chi</i> . <i>TCKFFG</i> , realizou movimentos de <i>Tai Chi</i> com leque. <i>TCSBG</i> , realizou movimentos de <i>Tai Chi</i> com bolas. Não foi descrita a intensidade. <i>GC</i> = Não realizou nenhuma intervenção de exercício, mantém hábitos diários.	Todos os grupos foram supervisionados por um treinador de <i>Tai Chi</i> e profissionais de saúde.	<i>DXA (DMO)</i> , em quatro locais anatómicos: <i>LS</i> , Triângulo de <i>Ward</i> , <i>FN</i> e Trocânter maior; Leque, bolas.	Ambos os grupos de <i>Tai Chi</i> apresentam melhorias significativas na <i>DMO</i> dos quatro pontos anatómicos avaliados em relação ao grupo de controlo. Os resultados da melhoria nos <i>GI</i> foram mais notáveis após 8 semanas de intervenção. Dentre os três grupos de <i>Tai Chi</i> o grupo <i>24TCCG</i> , mostrou o mais eficaz para pessoas com osteoporose. O <i>GC</i> não apresentou melhorias significativas na <i>DMO</i> em nenhuma das regiões avaliadas.
3	Sanchez et al. (2023) Espanha	6 meses 7x/ semana 10.000 passos 60 impactos com >4g de aceleração 60 min/sessão	<i>GI</i> = Realizou caminhada de 10.000 passos diários, 60 impactos por dia; saltos em contramovimento com intensidade moderada a vigorosa. <i>GC</i> = Manteve seu estilo de vida normal.	Monitorização remota via Aplicativo <i>MUVONE</i> (supervisão indireta).	<i>DXA</i> = (<i>DMO</i>) em <i>LS</i> e <i>FN</i> ; <i>Cicloergómetro</i> = Avaliou a resistência cardiovascular, através da estimativa <i>VO₂máx</i> ; (<i>CMJ</i>); <i>IPAQ</i> ; Testes de força Isocinética (flexão e extensão de joelho em dinamómetro isocinético) e isométrica (dos membros inferiores);	<i>GI</i> = mostrou melhorias significativas em comparação com o <i>GC</i> , na <i>DMO</i> do colo de fémur, trocânter e anca, também demonstrou melhorias significativas nas melhorias de aptidão física.

Nº	Autor (Ano) País	Duração/Frequência/Sessão	Exercício/Intensidade	Supervisão	Instrumentos/Testes/Avaliação/ Variáveis	Resultados
4	Posch et al. (2019) Áustria	12 semanas 2x/ semana 45-60 min/sessão	GI= Realizou exercícios de equilíbrio; força e saltos progressivos no <i>minitrampoline</i> . A intensidade do exercício não foi dita, GC= Não realizou qualquer intervenção mantém os hábitos diários.	GI= Todas as intervenções foram conduzidas por instrutores cientistas de exercícios. GC= Indireta 3x/ semana por telefone.	DXA (DMO) em LS, FN, Triângulo de Ward e Trocânter; Dinamómetro (GS, QS); Equilíbrio (BBS), Dor (VAS); (TC6); FES-I; Testes funcionais: Levantar de cadeira e caminhar 3 metros, TUG; Força muscular dos membros superiores e inferiores: Testes ACT e CST, (Bíceps, tríceps, quadríceps, glúteos, isquiotibiais, core); Bolas de ténis, faixas elásticas de resistência, balões, halteres.	GI= Registou melhorias significativas em equilíbrio, mobilidade, força muscular dos membros superiores e inferiores, velocidade da marcha, medo de cair e na DMO. Quanto ao GC, não houve melhorias e em algumas variáveis piorou.
5	Watson et al. (2018) Austrália	8 meses 2 x/ semana 30 min/ sessão	GI= HiRIT, realizou os exercícios de resistência (agachamento, levantamento da terra e saltos). 5 series de 5 repetições 80% a 85% de 1 RM. GC= realizou um programa de exercícios de baixa intensidade: caminhada, alongamentos 1 serie de 10 a 15 repetições 60% 1RM.	GI= HiRIT, supervisionado por profissional e exercício e fisioterapeuta. GC, não supervisionado.	Antropometria; DXA (DMO) em LS e FN; Testes funcionais (TUG, FTSTS, FRT, VJ); BPAQ; Dinamómetro: Força muscular (LES, BES).	GI= HiRIT, melhorou significativamente a força muscular, equilíbrio, desempenho funcional da coluna lombar, colo do fémur e a DMO.
6	Watson et al. (2015) Austrália	8 meses 2 x/ semana 30 min/ sessão	GI= HiPRT, realizou os exercícios de resistência (agachamento, levantamento da terra e saltos). 5 series de 5 repetições 80% a 85% de 1 RM. GC= realizou um programa de exercícios de baixa intensidade caminhada: flexibilidade, caminhada e alongamentos.	GI= HiRIT, supervisionado por um cientista de exercício e fisioterapeuta. GC= supervisionado por contato telefónico semanal.	Antropometria; DXA (DMO) em LS e FN; Testes funcionais (TUG, FTSTS, FRT, VJ); BPAQ; Dinamómetro: Força muscular (LES, BES).	Grupo de intervenção, HiPRT, registou melhoras significativas na DMO do fémur, coluna lombar, força extensora do dorso, desempenho funcional, em relação ao grupo de controlo.

Nº	Autor (Ano) País	Duração/Freqüência/Sessão	Exercício/Intensidade	Supervisão	Instrumentos/Testes/Avaliação/ Variáveis	Resultados
7	Papaioannou et al. (2003) Canadá	6 e 12 meses 3x/semana 60 min/sessão	<i>GI</i> = realizou exercícios em casa, alongamentos, <i>treino aeróbio</i> (caminhada) e de força. A intensidade dos exercícios não foi referida. <i>GC</i> = Não realizou exercícios manteu os hábitos diários.	<i>GI</i> = supervisionado por fisioterapeuta a cada participante do grupo em casa mensalmente durante 6 meses e chamadas telefónicas de 2 em 2 semanas. <i>GC</i> = Por telefone mensalmente.	Questionário de qualidade de vida em osteoporose (<i>OQLP</i>), Testes funcionais de <i>TUG</i> , Equilíbrio (oscilação postural das participantes em pé, com os olhos abertos e fechados); <i>DXA (DMO)</i> em <i>LS</i> e <i>FN</i> ; <i>SIP</i> .	O <i>GI</i> , melhorou a qualidade de vida nos domínios de sintomas, emoção e lazer em comparação com <i>GC</i> . Nas outras medidas não houve diferenças significativas entre os grupos.

Nota. *X*= vezes; *min*= minutos; *TUG*= Teste de Levantar e Caminhar; *DXA*= Absorciometria de Raios-X de Dupla Energia; *DMO*= Densidade Mineral Óssea; *LS*= Coluna Lombar; *FN*= Colo do Fémur; *OLST*= Teste de Equilíbrio em uma Perna; *BBS*= Escala de Equilíbrio de Berg; *SAS*= Escala de Autoavaliação da Ansiedade; *SDS*= Escala de Autoavaliação da Depressão; *L2-L4*= Vértebras lombares (Segunda à quarta); *GC*= Grupo de Controlo; *GI*= Grupo de Intervenção; *HiRIT*= Treino de Resistência e Impacto de Alta Intensidade; *HiPRT*= Treino de Resistência Progressiva de Alta Intensidade; *TCSBG*= Grupo Tai Chi de Softball; *TCKFFG*= Grupo Tai Chi Kung Fu Fan; *24TCCG*= Grupo Tai Chi Chuan de 24 Movimentos; *1RM*= Uma Repetição Máxima; *FTSTS*= Teste de Sentar e Levantar Cinco Vezes; *FRT*= Teste de Alcance Funcional; *BPAQ*= Questionário de Atividade Física Específica para Ossos; *VJ*= Salto Vertical; *LES*= Força Extensora das Pernas; *BES*= Força Extensora das Costas; *VO₂máx*= Volume máximo de oxigénio; *CMJ*= Salto em Contra-Movimento; *IPAQ*= Questionário Internacional de Atividade Física; *ACT*= Teste de flexão de braço; *CST*= Teste de Levantar da Cadeira; *OQLQ*= Questionário de Qualidade de Vida em Osteoporose; *SIP*= Perfil de Impacto da Doença; *TC6*= Teste de Caminhada de 6 minutos; *FES-I*= Escala de Eficácia de Quedas – Internacional; *VAS*= Escala Visual Analógica dor e fadiga; *GS*= Força de Preensão Manual; *QS*= Força do Quadríceps; *MSRT*= Teste de Repetições Máximas de Passo; força de preensão manual (dominante e não-dominante); *Borg*= Escala de Percepção de Esforço; índice de dispneia, *ECOS-16*= Escala de Avaliação da Qualidade de Vida; *DP*= Desvio-padrão; *M*= Média; Idade (*M ± DP*)= Idade, média e desvio-padrão.

4.3. Avaliação da Qualidade Metodológica

A qualidade metodológica dos sete ensaios clínicos incluídos nesta revisão foi avaliada através da escala PEDro, uma ferramenta amplamente reconhecida para identificar risco de viés e rigor experimental em estudos de intervenção. As pontuações variaram entre 6 e 8 pontos, o que indica que todos os estudos apresentam uma metodologia de boa qualidade, demonstrando um nível globalmente aceitável de validade interna.

De forma consistente, todos os ensaios especificaram os critérios de elegibilidade (C1), efetuaram alocação aleatória dos participantes (C2) e asseguraram que os grupos eram comparáveis no início do estudo (C3). Estes três aspetos constituem a pedra angular de um desenho experimental robusto, na medida em que asseguram que as diferenças observadas após a intervenção são, com maior probabilidade, atribuíveis ao exercício e não a fatores prévios.

No entanto, alguns critérios demonstraram fragilidades recorrentes. A ocultação da alocação (C4), que consiste em impedir que os investigadores saibam antecipadamente a que grupo cada participante será atribuído, foi pouco descrita nos estudos. Este procedimento é fundamental para evitar influências, mesmo involuntárias, no processo de randomização. Em casos em que não é claramente reportado, torna-se difícil assegurar que a distribuição dos participantes pelos grupos foi totalmente imparcial, aumentando o risco de enviesamento na formação dos grupos.

Outro conjunto de critérios frequentemente não cumpridos encontra-se associado ao cegamento. Nenhum estudo conseguiu cegar participantes (C5) ou terapeutas (C6), o que era expectável no contexto de intervenções em exercício físico, onde a natureza prática das atividades impossibilita que os envolvidos desconheçam o tratamento que está a ser aplicado. A ocultação dos avaliadores (C7), apesar de teoricamente plausível, foi também raramente referida, o que pode introduzir viés na avaliação dos resultados, especialmente quando estes dependem de medições funcionais ou julgamentos subjetivos.

Em contrapartida, a maioria dos estudos assegurou uma elevada taxa de retenção de participantes (C8) e descreveu detalhadamente o tratamento recebido por cada grupo (C9), contribuindo para a transparência e fiabilidade dos resultados. A apresentação de resultados para pelo menos um desfecho principal (C10) e a disponibilização de medidas pontuais acompanhadas de indicadores de variabilidade (C11) foram

igualmente cumpridas de forma consistente. A Tabela 4 apresenta a síntese dos resultados da avaliação metodológica realizada através da Escala PEDro, possibilitando a comparação da robustez dos estudos incluídos.

Tabela 4: Avaliação da Qualidade Metodológica (Escala PEDro)

Escala de PEDro													
Estudo	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	Pontuação total	Qualidade Metodológica (Tulder et al., 2003)
Riaz et al., 2024	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	7	Boa
Kong et., al, 2023	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	7	Boa
Sanchez- Trigo et., al, 2023	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6	Boa
Posch et., al, 2019	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8	Boa
Watson et., al,2018	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8	Boa
Watson et., al,2015	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6	Boa
Papaioannou et., al, 2003	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	7	Boa

Nota. C1= os critérios de elegibilidade foram especificados; C2= os participantes foram alocados aleatoriamente aos grupos; C3= a alocação foi oculta; C4= os grupos eram semelhantes no início do estudo em relação aos critérios mais indicadores prognósticos importantes; C5= houve cegamento de todos os participantes; C6= houve cegamento de todos os terapeutas que administraram a terapia; C7= houve cegamento de todos os avaliadores que mediram pelo menos um resultado-chave; C8= medidas de pelo menos um resultado-chave foram obtidas de mais de 85% dos participantes inicialmente alocados aos grupos; C9= todos os participantes para os quais as medidas de resultados estavam disponíveis, receberam o tratamento ou a condição de controlo conforme atribuído ou, quando este não foi o caso, foram analisados dados para pelo menos um resultado-chave de acordo com a “intenção de tratar”; C10=: os resultados das comparações estatísticas entre grupos são relatados para pelo menos um resultado principal; C11= o estudo fornece medidas pontuais e medidas de variabilidade para pelo menos um resultado-chave. Valores C1 não contam para a pontuação total.

4.4. Efeitos nos Resultados Principais

De forma global, os sete estudos incluídos nesta revisão demonstraram que diferentes modalidades de exercício físico são capazes de promover melhorias significativas em variáveis relacionadas com a saúde óssea, função física, força muscular, mobilidade e qualidade de vida em mulheres. A magnitude dos efeitos varia entre estudos, dependendo da intensidade, duração e tipo de intervenção. No entanto, a direção dos resultados revela um padrão consistente: os programas de exercício estruturado tendem a produzir benefícios clínicos mensuráveis quando comparados com a ausência de intervenção ou com programas de baixa intensidade.

No estudo realizado por (Riaz et al., 2024), foi observado que um programa gamificado baseado em realidade virtual, complementado por caminhada diária, produziu efeitos positivos substanciais. O grupo de intervenção demonstrou melhorias substanciais em todos os resultados avaliados, nomeadamente no desempenho físico, na força, no equilíbrio, na fadiga, na dispneia e na qualidade de vida. Estes resultados contrastam de forma notória com os do grupo de controlo, que apenas realizou caminhadas sem uma estrutura programada.

Os resultados de (Kong et al., 2023) demonstram igualmente benefícios substanciais da prática regular de Tai Chi, independentemente da modalidade utilizada (movimentos básicos, com leque ou com bolas). Os três grupos de intervenção apresentaram aumentos significativos na densidade mineral óssea nos quatro locais anatómicos avaliados. Após oito semanas de prática continuada, os efeitos tornaram-se particularmente evidentes, sendo o grupo 24TCC aquele que apresentou maior benefício para indivíduos com osteoporose. O grupo de controlo, que manteve os seus hábitos diários, não apresentou melhorias.

(Sanchez-Trigo et al., 2023) verificaram que um programa baseado na caminhada diária de 10.000 passos e na realização de impactos superiores a 4 g conduziu a melhorias significativas da densidade mineral óssea no colo do fémur, no trocânter e na anca, bem como ao aumento da aptidão física. Os ganhos observados no grupo de intervenção excederam de forma consistente os do grupo de controlo, que manteve o estilo de vida habitual.

De acordo com o estudo de (Posch et al., 2019), a intervenção realizada com exercícios em minitrampolim produziu melhorias robustas no equilíbrio, mobilidade, força muscular

dos membros superiores e inferiores, velocidade da marcha e medo de cair. Para além das variáveis funcionais supracitadas, observaram-se igualmente benefícios na densidade mineral óssea. Em contraste, o grupo de controlo não apresentou melhorias substanciais e, em algumas variáveis, observou-se até um declínio.

Os estudos de (Watson et al., 2015, 2018), centrados no treino de resistência e impacto de alta intensidade (HiRIT) e treino de resistência progressiva de alta intensidade (HiPRT), geraram resultados particularmente consistentes. Em ambos os ensaios, o grupo de intervenção registou melhorias significativas da força muscular, do equilíbrio e do desempenho funcional, bem como aumentos da densidade mineral óssea, especialmente na coluna lombar e no colo do fémur. Estes resultados reforçam a evidência de que estímulos mecânicos de alta intensidade são eficazes para estimular adaptações osteogénicas relevantes.

O estudo de (Papaioannou et al., 2003), que avaliou um programa domiciliário com a duração de seis e doze meses, revelou melhorias significativas na qualidade de vida, particularmente nos domínios dos sintomas, da emoção e do lazer, quando comparado com o grupo de controlo. Contudo, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos nas demais variáveis funcionais e na densidade mineral óssea, o que pode refletir tanto a intensidade moderada da intervenção como o carácter domiciliário do estudo, que pode limitar a sobrecarga mecânica necessária para desencadear mudanças ósseas mais expressivas.

4.5. Certeza de evidência

Com base na escala PEDro, foram aplicados os critérios para avaliar a força de evidência das intervenções (Tulder et al., 2003). Assim, um estudo com uma pontuação da PEDro ≥ 6 foi considerado nível 1 (elevada qualidade metodológica, sendo 6–8 considerada boa qualidade e 9–10, excelente qualidade) e uma pontuação ≤ 5 foi considerado nível 2 (baixa qualidade metodológica, sendo 4–5 considerada moderada e <4 considerada pobre). Além disso, foi realizada uma revisão qualitativa para realizar uma síntese da melhor evidência (Kollen et al., 2009; Vaughan-Graham et al., 2015). Esta classificação indica que, se o número de estudos que apresentam o mesmo nível de evidência para a mesma medida de desfecho ou equivalente for inferior a 50% do número total de estudos, não se pode concluir nenhuma evidência sobre qualquer dos métodos envolvidos no estudo

Considerando a síntese da melhor evidência (Kollen et al., 2009; Vaughan-Graham et al., 2015), verificou-se que não existiu número suficiente de estudos ($<50\%$ do total de estudos) que apliquem o mesmo nível de evidência considerando o modo de exercício e a variável analisada. Desta forma, não se podem concluir evidências sobre os resultados encontrados nos estudos incluídos.

5. Discussão

A presente revisão sistemática teve como objetivo analisar criticamente a evidência científica disponível sobre os efeitos de programas de exercício físico em indivíduos com osteopenia e osteoporose, integrando variáveis densitométricas e funcionais. A análise dos sete ensaios clínicos randomizados incluídos revela, de forma consistente, que o exercício físico estruturado constitui uma intervenção não farmacológica eficaz e segura, embora com efeitos dependentes do tipo de exercício, intensidade, duração e grau de supervisão.

A discussão dos resultados estrutura-se em torno de três eixos centrais: a interpretação dos efeitos observados, a confrontação com a literatura científica existente, apreciação crítica dos riscos, desafios e limitações metodológicas. Para além da síntese dos principais resultados, este capítulo visa compreender a consistência e a magnitude dos benefícios identificados, relacionando-os com fatores fisiológicos, metodológicos e contextuais que influenciam a resposta óssea às diferentes modalidades de exercício.

Os resultados apresentados na Tabela 3 evidenciam que intervenções com maior carga mecânica, progressão estruturada e supervisão profissional tendem a produzir benefícios mais robustos na densidade mineral óssea (DMO), particularmente na coluna lombar e no colo do fémur. Em contrapartida, programas de menor intensidade ou realizados em contexto domiciliário demonstram impactos mais expressivos nos domínios funcionais e psicossociais, com efeitos limitados na DMO. Esta distinção é central para compreender a heterogeneidade dos resultados observados e reforça a necessidade de adequar a prescrição do exercício ao objetivo clínico específico.

De forma global, os estudos incluídos de (Kong et al., 2023; Papaioannou et al., 2003; Posch et al., 2019; Riaz et al., 2024; Sanchez-Trigo et al., 2023; Watson et al., 2015, 2018), demonstram que o exercício físico estruturado, particularmente quando envolve treino de resistência progressiva, impacto controlado e componentes funcionais, produz efeitos positivos na densidade mineral óssea, na força muscular, no equilíbrio e na funcionalidade geral. Embora os ganhos densitométricos observados sejam, na maioria dos casos, moderados, a sua relevância clínica torna-se evidente quando analisados em conjunto com as melhorias funcionais, as quais têm impacto direto na redução do risco de quedas e, conseqüentemente, de fraturas osteoporóticas.

A discussão dos resultados possibilita uma interpretação do significado dos efeitos observados, situando-os no contexto mais amplo da investigação contemporânea sobre o impacto do exercício físico na osteopenia e na osteoporose.

A análise dos estudos incluídos revelou um padrão geral favorável ao exercício físico estruturado, particularmente no que diz respeito à melhoria da densidade mineral óssea, da força muscular, da mobilidade e de outras componentes funcionais que contribuem para a redução do risco de queda, um elemento crítico na prevenção das fraturas osteoporóticas. Ainda que os efeitos sobre a densidade mineral óssea tenham sido moderados e dependentes da intensidade e duração das intervenções, a direção consistente dos resultados reforça a importância do estímulo mecânico regular para contrariar a perda óssea associada ao envelhecimento e à menopausa.

Este capítulo visa articular evidência, reflexão crítica e implicações práticas, oferecendo uma leitura fundamentada sobre o papel do exercício físico como componente essencial, embora não único, na prevenção e no tratamento da osteopenia e da osteoporose. De forma global, os estudos incluídos demonstram que o exercício físico não atua apenas como estímulo osteogénico direto, mas também como um modulador funcional do risco de fratura, ao melhorar a força muscular, o equilíbrio, a mobilidade e a qualidade de vida determinantes críticos na prevenção de quedas em populações envelhecidas.

5.1. Interpretação dos Resultados

A análise integrada dos estudos revela um padrão claro de relação dose–resposta entre a magnitude do estímulo mecânico aplicado e os ganhos observados na densidade mineral óssea. Os programas que incorporaram treino de resistência progressiva e impacto de alta intensidade, como os estudos de (Watson et al., 2015, 2018), demonstraram melhorias significativas e consistentes na DMO da coluna lombar e colo do fémur. Estes protocolos, realizados a 80–85% de 1RM e sob supervisão especializada, refletem a aplicação dos princípios da mecanotransdução óssea, segundo os quais cargas elevadas e progressivas estimulam a atividade osteoblástica e a adaptação estrutural do tecido ósseo. Os estudos de (Watson et al., 2015, 2018), apresentaram os efeitos mais consistentes ao nível da DMO, corroborando o princípio da especificidade do estímulo mecânico na osteogénese.

Resultados semelhantes, embora com menor intensidade mecânica, foram observados no estudo de (Sanchez-Trigo et al., 2023), onde a combinação de caminhada diária de elevado volume com impactos superiores a quatro vezes a aceleração da gravidade (4g) produziu melhorias significativas na DMO do fémur proximal e da anca. Este achado reforça que o impacto dinâmico, mesmo quando integrado em programas predominantemente aeróbios, pode constituir um estímulo osteogénico relevante quando realizado com frequência e intensidade adequadas.

Por outro lado, intervenções de natureza mais suave ou multimodal, como o Tai Chi (Kong et al., 2023), os exercícios em minitrampolim (Posch et al., 2019) e os programas gamificados (Riaz et al., 2024), demonstraram benefícios particularmente expressivos nos domínios funcionais. Nestes estudos, observaram-se melhorias consistentes no equilíbrio, força muscular, mobilidade, medo de cair e desempenho funcional, variáveis diretamente associadas à redução do risco de quedas. Embora os ganhos densitométricos tenham sido mais modestos, a melhoria funcional observada assume elevada relevância clínica, uma vez que as quedas representam o principal fator precipitante das fraturas osteoporóticas.

O estudo de (Kong et al., 2023) merece particular destaque, uma vez que demonstra que modalidades distintas de Tai Chi produziram melhorias significativas na DMO em múltiplos locais anatómicos, especialmente quando praticadas com elevada frequência (4x/semana) e ao longo de um período prolongado (16 meses). A maior eficácia observada no grupo 24TCCG sugere que a complexidade motora, a estabilidade postural e a transferência de peso podem desempenhar um papel relevante no estímulo osteogénico, mesmo em exercícios de baixo impacto.

Desta forma, o impacto do exercício físico manifesta-se de duas formas: por um lado, estimula adaptações estruturais no tecido ósseo; por outro, promove melhorias funcionais que reduzem de forma indireta, mas muito relevante, a probabilidade de quedas, o principal fator precipitante de fraturas osteoporóticas. Esta combinação de efeitos fortalece a ideia de que o exercício atua não apenas como estímulo osteogénico, mas também como proteção funcional.

Importa destacar que, embora alguns estudos não tenham demonstrado alterações significativas na DMO, como no caso do programa domiciliário de Papaioannou et al. (2003), apesar da sua duração prolongada, não demonstrou melhorias significativas na

DMO, o que poderá ser explicado pela ausência de controlo da intensidade e pela limitação do estímulo mecânico. No entanto, os ganhos observados na qualidade de vida, particularmente nos domínios emocional e de lazer, indicam que intervenções de menor intensidade continuam a ser relevantes para a adesão, bem-estar e autonomia funcional.

Assim, os resultados sugerem que o exercício físico atua por duas vias complementares:

1^a estrutural, promovendo adaptações ósseas dependentes da carga e intensidade;

2^a funcional, reduzindo o risco de queda através da melhoria da força, equilíbrio e mobilidade.

Esta dualidade reforça o papel central do exercício físico numa abordagem integrada da osteopenia e da osteoporose.

A interpretação dos resultados deve, contudo, considerar algumas limitações metodológicas observadas nos estudos, como a dificuldade em aplicar cegamento, a descrição insuficiente da alocação oculta ou a variabilidade na duração das intervenções. Apesar disso, a consistência dos efeitos obtidos entre estudos com modalidades, intensidades e populações distintas reforça a confiança na eficácia do exercício físico enquanto estratégia terapêutica complementar.

Na prática, estes resultados sugerem que o exercício deve integrar uma abordagem multidimensional de saúde óssea, complementando outras estratégias como nutrição adequada ou, quando necessário, terapêutica farmacológica. Para além dos ganhos estruturais, o exercício melhora a autonomia, a segurança no movimento e a qualidade de vida, benefícios particularmente relevantes numa população envelhecida.

Ao comparar estes resultados com a literatura prévia, observam-se convergências claras com estudos que demonstram benefícios semelhantes decorrentes de programas de treino de resistência, impacto ou exercício multimodal. A coerência entre diferentes linhas de investigação sugere que, apesar das limitações inerentes aos ensaios, nomeadamente amostras reduzidas, ausência de cegamento e heterogeneidade das intervenções, existe evidência robusta de que a prática de exercício físico desempenha um papel significativo na manutenção da saúde óssea. Em contrapartida, algumas discrepâncias observadas, nomeadamente no que diz respeito à magnitude dos efeitos ou à ausência de impacto em determinados resultados, parecem refletir diferenças nos

protocolos utilizados, na intensidade das cargas osteogénicas, no nível de supervisão ou na adesão dos participantes.

Tal como referido anteriormente os resultados da presente revisão sistemática estão alinhados com a literatura científica existente. Revisões sistemáticas e meta-análises anteriores já haviam demonstrado que programas de exercício físico produzem melhorias modestas, mas significativas, na densidade mineral óssea, especialmente em mulheres pós-menopáusicas (Howe et al., 2011; Giangregorio et al., 2014). Meta-análises mais recentes reforçam estes achados. (Mohebbi et al., 2023) concluíram que intervenções com duração superior a seis meses apresentam efeitos mais consistentes na DMO, corroborando os resultados observados nos estudos de (Kong et al., 2023; Watson et al., 2015, 2018), cujas intervenções se estenderam por oito meses ou mais.

No que respeita ao tipo e intensidade do exercício, (Wang et al., 2023) identificaram o treino de resistência de intensidade moderada a elevada como o protocolo mais eficaz para melhorar a DMO da coluna lombar e do colo do fémur. Esta evidência é diretamente corroborada pelos resultados dos estudos HiPRT e HiRIT incluídos nesta revisão, que demonstraram ganhos superiores em comparação com programas de baixa intensidade ou não estruturados. Tal como observado por (Wang et al., 2023), os protocolos de resistência ou de sobrecarga presentes em alguns dos nossos estudos, como os de (Watson et al., 2015, 2018), demonstraram ganhos mais acentuados de DMO em regiões sensíveis ao estímulo mecânico promovido pelo deslocamento de cargas adicionais.

Por sua vez, intervenções multimodais e de menor intensidade, como Tai Chi e programas de equilíbrio, têm sido consistentemente associadas a melhorias funcionais e redução do risco de quedas, conforme evidenciado por (Sherrington et al., 2019). Os resultados dos estudos de (Kong et al., 2023; Posch et al., 2019; Riaz et al., 2024) reforçam esta evidência, demonstrando que a regularidade, a supervisão e a componente funcional são determinantes críticos da eficácia.

Quanto à duração das intervenções, tal como referido anteriormente, (Mohebbi et al., 2023) demonstraram que intervenções com duração superior a seis meses apresentam efeitos mais consistentes, sublinhando a importância da continuidade e da progressão do estímulo.

Apesar destes benefícios, tal como reportado na literatura, os efeitos do exercício sobre a incidência de fraturas permanecem difíceis de quantificar. A escassez de estudos com amostras amplas e seguimento prolongado limita a avaliação direta deste desfecho. Ainda assim, a melhoria consistente dos fatores funcionais associados ao risco de queda constitui um desfecho intermédio de elevada relevância clínica.

Deste modo, a presente revisão não só confirma a evidência existente, como acrescenta valor ao integrar diferentes modalidades de exercício e ao evidenciar que a eficácia do exercício depende da adequação entre estímulo mecânico, supervisão e objetivos terapêuticos.

A convergência entre os resultados desta revisão e os da literatura recente fortalece a evidência de que a prática de exercício físico constitui uma estratégia eficaz para a manutenção ou melhoria da saúde óssea em mulheres na pós-menopausa ou idosas. Contudo, as diferenças de magnitude observadas entre os estudos, quer dos incluídos nesta revisão, quer dos incluídos nos restantes, sugerem que fatores como a modalidade de exercício, a intensidade, a frequência, a supervisão e a adesão são determinantes críticos da resposta óssea.

5.2. Riscos, Desafios e Limitações

Apesar da relevância dos resultados obtidos, a interpretação das conclusões desta revisão sistemática deve ser efetuada com prudência, atendendo a um conjunto de riscos, desafios e limitações que decorrem tanto das características metodológicas dos estudos incluídos como das opções adotadas no processo de pesquisa e síntese.

5.3. Considerações de Segurança e Riscos Associados ao Exercício

Em populações com osteopenia sobretudo, com osteoporose, a prescrição de exercício físico exige atenção particular à segurança, dada a fragilidade óssea e o risco acrescido de quedas e fraturas. Embora os estudos analisados suportem globalmente a viabilidade de programas estruturados, a inclusão de componentes de impacto ou de treino de resistência com cargas moderadas a elevadas implica uma seleção criteriosa dos exercícios, com progressão gradual e supervisão adequada. Movimentos explosivos, amplitudes extremas ou cargas desajustadas podem aumentar o risco de lesão,

especialmente em indivíduos com historial prévio de fratura, dor persistente ou comorbidades osteoarticulares. Assim, a monitorização sistemática da tolerância ao esforço, da técnica de execução e de sinais de sobrecarga deve ser considerada um requisito fundamental na implementação de intervenções osteogénicas.

5.4. Limitações Metodológicas dos Estudos Incluídos

A principal limitação identificada prende-se com a heterogeneidade dos protocolos de intervenção. Os estudos incluídos recorreram a modalidades muito distintas desde treino de resistência de alta intensidade, programas de impacto controlado e multimodais (ex.: minitrampolim), até Tai Chi, treino gamificado e intervenção domiciliária apresentando diferenças substanciais na duração, frequência, intensidade, volume e grau de supervisão. Esta variabilidade dificultou comparações diretas e inviabilizou a realização de uma meta-análise, justificando a opção por uma síntese narrativa.

Adicionalmente, embora a qualidade metodológica global tenha sido considerada adequada, foram identificadas fragilidades recorrentes, nomeadamente descrição incompleta dos procedimentos de randomização e da ocultação da alocação, bem como ausência de cegamento dos avaliadores. Apesar de algumas destas limitações serem comuns em ensaios com exercício físico, aumentam o risco de enviesamento, sobretudo em resultados funcionais ou subjetivos, e podem influenciar a precisão das estimativas reportadas.

Outro desafio relevante foi o tamanho reduzido das amostras, frequentemente inferior a 50 participantes, o que limita o poder estatístico e dificulta a deteção de diferenças clinicamente significativas, sobretudo em resultados raros, como fraturas. Em alguns estudos, as taxas de abandono também podem ter condicionado a robustez dos resultados, principalmente quando a adesão e a execução do protocolo não foram plenamente monitorizadas.

Importa ainda salientar a heterogeneidade nos métodos e regiões anatómicas utilizadas para avaliação densitométrica. Enquanto alguns estudos se concentraram na coluna lombar e no colo do fémur, outros incluíram diferentes pontos anatómicos, como o

triângulo de Ward e o trocânter, reduzindo a comparabilidade entre estudos e dificultando a síntese direta dos efeitos sobre a DMO.

5.5. Limitações da Revisão Sistemática

Para além das limitações dos estudos primários, esta revisão apresenta restrições inerentes ao próprio processo de pesquisa. A pesquisa foi realizada em duas bases de dados e limitada a publicações em português e inglês, o que pode ter conduzido à exclusão de estudos potencialmente relevantes publicados noutros idiomas ou indexados noutras plataformas. Adicionalmente, a heterogeneidade das populações incluídas constituiu um fator limitativo: apesar do critério inicial de idade mínima de 55 anos, foi incluído um estudo com participantes mais jovens, o que, embora clinicamente justificável, introduz heterogeneidade etária e limita a generalização dos resultados para populações predominantemente idosas.

Finalmente, a predominância de participantes do sexo feminino restringe a extrapolação das conclusões para indivíduos do sexo masculino, grupo menos representado na literatura, mas igualmente relevante no contexto da perda óssea associada ao envelhecimento.

Em síntese, apesar de esta revisão sistemática reforçar o valor do exercício físico como estratégia não farmacológica na osteopenia e na osteoporose, a heterogeneidade das intervenções, as limitações metodológicas dos estudos incluídos e as restrições do processo de pesquisa justificam interpretações cuidadosas. Estas limitações reforçam a necessidade de ensaios futuros mais robustos, padronizados e com maior diversidade populacional, capazes de clarificar quais os componentes mais eficazes e seguros para otimizar a saúde óssea e reduzir o risco de fraturas.

6. Aplicações Práticas e Recomendações

A presente secção tem como propósito traduzir os principais resultados desta revisão sistemática para o contexto da prática profissional, clarificando de que forma a evidência científica disponível pode orientar a prescrição do exercício físico e sustentar estratégias eficazes de promoção da saúde óssea em indivíduos com osteopenia ou osteoporose. Os dados analisados indicam que programas de exercício físico estruturados, particularmente aqueles que incorporam componentes de resistência progressiva e estímulos mecânicos adequados, são capazes de produzir benefícios clínicos relevantes, ainda que, na maioria dos casos, de magnitude moderada.

Neste enquadramento, torna-se essencial refletir sobre a aplicabilidade prática destes resultados, considerando as características específicas das populações-alvo, nomeadamente a idade avançada, a fragilidade musculoesquelética e o risco acrescido de quedas e fraturas. A implementação das intervenções deve, por conseguinte, privilegiar a segurança, a individualização e a progressão gradual do esforço, assegurando simultaneamente a eficácia do estímulo e a minimização de eventos adversos.

O presente capítulo apresenta recomendações fundamentadas na análise dos estudos incluídos, enfatizando a necessidade de desenvolver programas de exercício físico adaptados, supervisionados e sustentáveis, capazes de promover a adesão e a continuidade da prática ao longo do tempo. As orientações propostas assumem relevância transversal, aplicando-se não apenas ao contexto clínico, mas também a programas comunitários, iniciativas de saúde pública e intervenções implementadas em ginásios, centros de reabilitação ou no domicílio.

Ao transpor a evidência científica para a prática, procura-se valorizar intervenções que conciliem segurança e eficácia, reconhecendo simultaneamente as limitações metodológicas existentes e a necessidade de ajustar as recomendações à heterogeneidade dos perfis clínicos e funcionais. O objetivo último consiste em assegurar que as conclusões desta revisão ultrapassem o plano teórico e contribuam de forma concreta para a melhoria da autonomia funcional, da qualidade de vida e da saúde global das pessoas com perda de massa óssea, reforçando o exercício físico como um pilar central de uma abordagem multidisciplinar na prevenção e no tratamento da osteopenia e da osteoporose.

6.1. Implicações para a Prática Profissional

Os resultados desta revisão sistemática demonstram que o exercício físico deve assumir um papel central na prevenção e gestão da osteopenia e da osteoporose, particularmente em populações envelhecidas e em mulheres pós-menopáusicas. Apesar de os efeitos observados na densidade mineral óssea serem, na maioria dos casos, de magnitude moderada, os benefícios cumulativos ao nível da força muscular, do equilíbrio, da mobilidade e da funcionalidade global reforçam a relevância clínica do exercício enquanto componente fundamental de estratégias multidisciplinares de promoção da saúde óssea.

Uma das principais implicações para a prática profissional reside na necessidade de uma prescrição de exercício individualizada, progressiva baseada na avaliação clínica e funcional de cada indivíduo. Intervenções eficazes tendem a integrar exercícios de resistência, preferencialmente com progressão de cargas, associados a estímulos de impacto controlado, realizados com intensidade moderada a elevada e sob supervisão especializada, sobretudo nas fases iniciais do programa. Este acompanhamento profissional contribui para uma execução técnica adequada, maior adesão à intervenção e redução do risco de eventos adversos.

A segurança e a monitorização contínua assumem particular importância, atendendo à maior vulnerabilidade desta população. A seleção dos exercícios deve privilegiar movimentos funcionais, estáveis e controlados, evitando impactos excessivos, gestos explosivos ou cargas desajustadas, especialmente em indivíduos com diagnóstico de osteoporose estabelecida ou com historial prévio de fraturas. A progressão do treino deve ser gradual e cuidadosamente monitorizada, com atenção a sinais de dor, fadiga excessiva ou sobrecarga musculoesquelética.

Outro desafio relevante identificado prende-se com a adesão ao exercício a longo prazo. A evidência sugere que intervenções com maior duração produzem resultados mais consistentes, o que implica a implementação de estratégias que promovam a motivação, a acessibilidade e a integração do exercício na rotina diária. A utilização de programas em grupo, o acompanhamento regular, a definição de objetivos realistas e progressivos e a adaptação das intervenções ao contexto sociocultural dos participantes podem contribuir para uma maior participação e continuidade.

Importa ainda reconhecer que a resposta ao exercício físico é altamente individual, sendo influenciada por fatores como a idade, o nível inicial de densidade mineral óssea, o estado nutricional, a presença de comorbilidades e o historial de atividade física. Neste sentido, recomenda-se a realização de avaliações periódicas, o reajuste das cargas e a reavaliação sistemática dos resultados, de modo a assegurar que os programas de exercício permanecem adequados, seguros e eficazes ao longo do tempo.

6.2. Sugestões para a Prescrição de Exercício Físico

A evidência analisada nesta revisão sistemática indica que programas de exercício físico multicomponentes, estruturados e progressivos constituem uma estratégia eficaz para promover melhorias na densidade mineral óssea e na função musculoesquelética de indivíduos com osteopenia ou osteoporose. Em termos práticos, recomenda-se a inclusão prioritária de treino de resistência, com progressão gradual das cargas com enfoque nos grandes grupos musculares, uma vez que esta modalidade foi consistentemente associada a ganhos densitométricos, sobretudo na coluna lombar e no fémur proximal.

Protocolos que incorporam estímulos de impacto controlado, como saltos de baixa amplitude, exercícios pliométricos adaptados ou treino em minitrampolim, demonstraram igualmente potencial osteogénico, desde que adequadamente ajustados ao nível funcional e ao risco individual. A aplicação destes estímulos deve ser cuidadosamente planeada, com especial atenção à técnica, à progressão e à tolerância do praticante, de modo a garantir segurança e eficácia.

A duração e a continuidade dos programas emergem como fatores determinantes da resposta óssea. A evidência sugere que intervenções com duração inferior a seis meses tendem a produzir efeitos limitados, enquanto programas realizados ao longo de nove a doze meses ou mais estão associados a melhorias mais consistentes. Este padrão reflete o ritmo lento da remodelação óssea, que exige estímulos mecânicos regulares e prolongados. De forma complementar, volumes semanais de exercício superiores a 150 minutos, mantidos de forma consistente ao longo do tempo, parecem potenciar os efeitos positivos, em consonância com as recomendações internacionais, como as do American College of Sports Medicine (ACSM, 2021), que enfatizam os princípios da sobrecarga progressiva, especificidade e variabilidade do estímulo.

Para além do estímulo osteogénico direto, atividades orientadas para o equilíbrio, a coordenação e o controlo postural, como o Tai Chi, os exercícios funcionais ou programas gamificados, demonstraram benefícios relevantes na redução do risco de queda e na melhoria da funcionalidade. A integração sistemática destes componentes é particularmente relevante em populações mais envelhecidas, contribuindo para a autonomia, segurança no movimento e prevenção indireta de fraturas.

A prescrição de exercício físico para esta população deve privilegiar a segurança, a individualização e a supervisão profissional, sobretudo em indivíduos com fragilidade óssea acentuada, dor persistente ou historial prévio de fraturas. Estratégias que promovam a adesão, tais como sessões supervisionadas, programas domiciliários estruturados, intervenções em grupo ou formatos híbridos, podem favorecer a continuidade da prática e potenciar os benefícios a longo prazo.

6.3. Recomendações para Programas Comunitários

No contexto comunitário, os programas de exercício físico representam uma oportunidade estratégica para a promoção da saúde óssea, particularmente entre pessoas idosas e mulheres na pós-menopausa, grupos com maior prevalência de osteopenia e osteoporose. A implementação destas iniciativas deve assentar em princípios de acessibilidade, segurança e fundamentação científica, assegurando condições que favoreçam a prática regular, sustentada e segura do exercício físico.

Idealmente, os programas deverão ser desenvolvidos em centros comunitários, ginásios municipais, unidades de cuidados de saúde primários, instituições de apoio ao envelhecimento ativo ou espaços ao ar livre adaptados, criando ambientes familiares, inclusivos e socialmente estimulantes. A supervisão por profissionais qualificados, com formação específica no treino de populações envelhecidas ou com fragilidade musculoesquelética, é essencial para garantir a correta execução dos exercícios, ajustar a intensidade às capacidades individuais e prevenir eventos adversos, sobretudo quando se introduzem componentes de resistência ou impacto controlado.

Antes do início da participação, recomenda-se a realização de avaliações clínicas e funcionais básicas, incluindo a identificação de fatores de risco, historial de fraturas, níveis de dor, mobilidade, equilíbrio e força muscular. Esta avaliação inicial permite

individualizar a intervenção, definir objetivos realistas e monitorizar a evolução dos participantes, aumentando a eficácia e a segurança do programa.

Para além da componente prática, os programas comunitários devem integrar estratégias de educação e literacia em saúde, promovendo o conhecimento sobre os benefícios do exercício físico na prevenção de quedas, fraturas e perda funcional. A disseminação destas mensagens pode ser realizada através de redes comunitárias, serviços de saúde, universidades seniores, associações locais e plataformas digitais, contribuindo para a redução de barreiras informativas, culturais ou psicológicas à participação.

Do ponto de vista organizacional, programas simples, de baixo custo e elevada acessibilidade como grupos de caminhada estruturados, sessões de exercício funcional com componentes de força e equilíbrio ou atividades ao ar livre podem ter um impacto significativo na adesão e na saúde pública. A criação de rotinas regulares, horários flexíveis e um forte sentido de pertença social tende a favorecer a continuidade da participação, aspeto crucial para a obtenção de benefícios duradouros ao nível ósseo e funcional.

A integração destas iniciativas em políticas de promoção do envelhecimento ativo e nos cuidados de saúde primários constitui uma estratégia eficaz para ampliar o alcance das recomendações científicas. O aumento do acesso a intervenções estruturadas, supervisionadas e sustentáveis contribui para a redução da incidência de quedas e fraturas, para o abrandamento da progressão da osteoporose e para a promoção da autonomia, funcionalidade e qualidade de vida da população idosa.

7. Conclusão e Perspetivas Futuras

A síntese realizada ao longo desta dissertação permite consolidar o conhecimento existente sobre os efeitos do exercício físico na osteopenia e na osteoporose, enquanto evidencia lacunas importantes que persistem na literatura. O presente capítulo expõe as considerações finais resultantes da análise crítica dos estudos incluídos, discutindo o que se pode afirmar com segurança acerca da eficácia das intervenções analisadas e quais limitações devem ser reconhecidas. Em paralelo, são delineadas perspetivas para investigação futura, apontando caminhos que poderão fortalecer a evidência disponível e orientar práticas clínicas mais eficazes no domínio da saúde óssea. Consequentemente, este capítulo apresenta uma síntese dos principais contributos desta revisão sistemática, articulando os resultados alcançados e as áreas que ainda necessitam de desenvolvimento científico.

7.1. Principais Conclusões

A presente revisão sistemática permite concluir que os programas estruturados de exercício físico constituem uma intervenção não farmacológica relevante e eficaz na promoção da saúde óssea em indivíduos com osteopenia ou osteoporose. De forma consistente, os estudos incluídos evidenciaram melhorias na densidade mineral óssea, particularmente na coluna lombar e, em menor grau, no colo do fémur, regiões que demonstram maior sensibilidade ao estímulo mecânico proporcionado pelo treino de resistência progressiva e por cargas aplicadas de forma sistemática.

Embora os ganhos densitométricos observados tenham sido, na maioria dos casos, de magnitude moderada, estes resultados devem ser interpretados à luz do caráter gradual e cumulativo do processo de remodelação óssea. As alterações estruturais do tecido ósseo requerem estímulos mecânicos regulares e prolongados, o que ajuda a explicar a modéstia dos efeitos registados, especialmente em intervenções de curta duração. Acresce que limitações metodológicas comuns aos estudos analisados, como o reduzido tamanho da amostra, a heterogeneidade dos protocolos de exercício e a variabilidade na duração das intervenções, podem ter condicionado a magnitude dos resultados observados.

Importa ainda salientar que nenhum dos estudos incluídos avaliou diretamente a incidência de fraturas, o desfecho clínico mais relevante no contexto da osteoporose. Esta lacuna impossibilita o estabelecimento de conclusões diretas sobre o impacto do exercício físico na redução de fraturas, apesar de os benefícios consistentes observados em variáveis funcionais, como a força muscular, o equilíbrio e a mobilidade, sugerirem um potencial efeito indireto na diminuição do risco de quedas.

Em síntese, os resultados desta revisão sustentam o papel do exercício físico como componente central de uma abordagem integrada na prevenção e gestão da osteopenia e da osteoporose, reforçando a importância de programas estruturados, progressivos e supervisionados, capazes de promover benefícios ósseos e funcionais clinicamente relevantes.

7.2. Contribuições para a Área da Atividade Física e Saúde

A presente dissertação constitui um contributo relevante para o domínio da Atividade Física e Saúde, ao sistematizar de forma rigorosa e crítica a evidência científica disponível sobre os efeitos do exercício físico na osteopenia e na osteoporose. Ao integrar resultados provenientes de ensaios clínicos randomizados que recorreram a diferentes modalidades de exercício, este trabalho oferece um enquadramento atualizado que permite identificar padrões de eficácia, bem como os principais fatores que condicionam a resposta óssea às intervenções.

Para além da síntese global da evidência, a dissertação destaca características específicas dos programas de exercício que parecem estar associadas a resultados mais favoráveis, nomeadamente a inclusão de componentes de força e impacto controlado, o treino do equilíbrio e da funcionalidade, a progressão sistemática das cargas e a duração prolongada das intervenções. A análise destes elementos contribui para uma melhor compreensão dos mecanismos fisiológicos subjacentes à remodelação óssea e de como estes podem ser estimulados de forma segura e eficaz através de programas de exercício estruturados. Neste sentido, o presente trabalho reforça o papel da atividade física como uma estratégia não farmacológica fundamental na prevenção e gestão da perda de massa óssea.

Um contributo adicional desta revisão reside na avaliação crítica da qualidade metodológica dos estudos incluídos, realizada através da aplicação da escala PEDro e dos critérios de força da evidência propostos por (Tulder et al., 2003). Esta abordagem permitiu identificar limitações recorrentes na literatura, tais como amostras de pequena dimensão, elevada heterogeneidade dos protocolos de exercício e ausência de cegamento, reforçando a necessidade de uma interpretação cautelosa dos resultados e de um maior rigor metodológico em investigações futuras.

Paralelamente, esta dissertação apresenta uma clara relevância prática para profissionais envolvidos na prescrição e implementação de exercício físico. As conclusões e recomendações aqui apresentadas podem apoiar fisioterapeutas, técnicos de exercício físico e outros profissionais de saúde na conceção de programas mais adequados às necessidades específicas de indivíduos com risco de perda óssea, contribuindo para intervenções mais seguras, individualizadas e alinhadas com a melhor evidência científica disponível.

Por fim, esta revisão sistemática evidencia lacunas importantes na investigação atual, nomeadamente a escassez de estudos com amostras robustas, a predominância de participantes do sexo feminino e a ausência de avaliação de resultados clínicos de maior relevância, como a incidência de fraturas. A identificação destas lacunas reforça a necessidade de investigação futura mais abrangente, metodologicamente consistente e inclusiva, contribuindo para o fortalecimento da base de conhecimento na área da saúde óssea e para a promoção de práticas clínicas eficazes e cientificamente fundamentadas.

7.3. Direções para Investigação Futura

As limitações identificadas neste estudo sublinham a necessidade de investigações com amostras mais vastas e diversificadas, que permitam avaliar os efeitos do exercício físico com maior precisão e aumentar a confiança nos resultados. O reduzido número de participantes observados nos estudos analisados dificultou a identificação de diferenças significativas e limitou a generalização dos resultados.

Torna-se igualmente fundamental que investigações futuras adotem intervenções de maior duração, acompanhadas de períodos de seguimento após o término dos programas, de modo a compreender não apenas os efeitos imediatos do exercício, mas

também a sua manutenção a médio e longo prazo. Intervenções com duração mínima de 12 meses poderão refletir de forma mais realista o impacto do exercício físico no processo de remodelação óssea, atendendo à natureza lenta e cumulativa deste fenómeno fisiológico.

Outro aspeto necessário é a padronização e descrição clara dos protocolos de exercício, incluindo informação sobre intensidade, volume, progressão e supervisão. A falta de uniformidade observada nos estudos dificultou comparações e não permitiu identificar com clareza quais elementos são mais eficazes.

Do ponto de vista metodológico, recomenda-se que futuros ensaios clínicos reforcem estratégias de controlo do risco de viés, como processos de randomização claramente descritos, alocação oculta e cegamento dos avaliadores. A adoção destas práticas contribuirá para resultados mais fiáveis e interpretações mais seguras da eficácia do exercício físico.

Adicionalmente, será relevante incluir populações sub-representadas, como homens, idosos mais velhos e indivíduos mais jovens com risco de perda óssea. A inclusão de populações mais diversificadas permitirá compreender melhor a influência de variáveis como idade, sexo e condição clínica na resposta ao exercício físico.

Considerando que os estudos incluídos na presente revisão sistemática abrangem os continentes Asiático, Europeu, Americano e a Oceânia, não tendo sido identificados ensaios elegíveis realizados no continente africano, torna-se necessário desenvolver ensaios clínicos randomizados em África, devido as especificidades genéticas, os hábitos alimentares, o estilo de vida e o acesso aos cuidados de saúde são diferentes, desenvolver investigação em contexto da Guiné-Bissau, para que as conclusões científicas possa suprir esta a lacuna na literatura científica e contribuir para a generalização dos resultados.

Em conjunto, estes avanços poderão contribuir para a consolidação de uma base de conhecimento mais sólida e abrangente, sustentando o desenvolvimento de programas de exercício físico mais eficazes, personalizados e sustentáveis, com impacto significativo na promoção da saúde óssea e na prevenção de fraturas ao longo do envelhecimento.

Referências Bibliográficas

Aibar-Almazán, A., Voltes-Martínez, A., Castellote-Caballero, Y., Afanador-Restrepo, D. F., Carcelén-Fraile, M. D. C., & López-Ruiz, E. (2022). Current Status of the Diagnosis and Management of Osteoporosis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(16), 9465. <https://doi.org/10.3390/ijms23169465>

Baim, S., Binkley, N., Bilezikian, J. P., Kendler, D. L., Hans, D. B., Lewiecki, E. M., & Silverman, S. (2008). Official Positions of the International Society for Clinical Densitometry and Executive Summary of the 2007 ISCD Position Development Conference. *Journal of Clinical Densitometry*, 11(1), 75–91. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2007.12.007>

Barcelos, A., Gonçalves, J., Mateus, C., Canhão, H., & Rodrigues, A. M. (2023). Costs of incident non-hip osteoporosis-related fractures in postmenopausal women from a payer perspective. *Osteoporosis International*, 34(12), 2111–2119. <https://doi.org/10.1007/s00198-023-06881-w>

Baron, R., & Kneissel, M. (2013). WNT signaling in bone homeostasis and disease: From human mutations to treatments. *Nature Medicine*, 19(2), 179–192. <https://doi.org/10.1038/nm.3074>

Baxter-Jones, A. D. G., Kontulainen, S. A., Faulkner, R. A., & Bailey, D. A. (2008). A longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual from adolescence to young adulthood. *Bone*, 43(6), 1101–1107. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2008.07.245>

Beck, B. R., Daly, R. M., Singh, M. A. F., & Taaffe, D. R. (2017). Exercise and Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for the prevention and management of osteoporosis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(5), 438–445. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.10.001>

Bonewald, L. F. (2011). The amazing osteocyte. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 26(2), 229–238. <https://doi.org/10.1002/jbmr.320>

Bouxsein, M. L., Boyd, S. K., Christiansen, B. A., Guldberg, R. E., Jepsen, K. J., & Müller, R. (2010). Guidelines for assessment of bone microstructure in rodents using micro-

computed tomography. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 25(7), 1468–1486. <https://doi.org/10.1002/jbmr.141>

Boyce, B. F., & Xing, L. (2008). Functions of RANKL/RANK/OPG in bone modeling and remodeling. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 473(2), 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2008.03.018>

Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451–1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>

Caputo, E. L., & Costa, M. Z. (2014). [Influence of physical activity on quality of life in postmenopausal women with osteoporosis]. *Revista Brasileira De Reumatologia*, 54(6), 467–473. <https://doi.org/10.1016/j.rbr.2014.02.008>

Chang, X., Xu, S., & Zhang, H. (2022). Regulation of bone health through physical exercise: Mechanisms and types. *Frontiers in Endocrinology*, 13, 1029475. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1029475>

Compston, J. E., McClung, M. R., & Leslie, W. D. (2019). Osteoporosis. *Lancet (London, England)*, 393(10169), 364–376. . [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32112-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32112-3)

Coombs, N., Stamatakis, E., & Lee, I.-M. (2015). Physical inactivity among older adults: Implications for life expectancy among non-overweight and overweight or obese individuals. *Obesity Research & Clinical Practice*, 9(2), 175–179. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2014.11.004>

Cummings, S. R., & Melton, L. J. (2002). Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures. *Lancet (London, England)*, 359(9319), 1761–1767. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)08657-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)08657-9)

Delmas, P. D., van de Langerijt, L., Watts, N. B., Eastell, R., Genant, H., Grauer, A., Cahall, D. L., & IMPACT Study Group. (2005). Underdiagnosis of vertebral fractures is a worldwide problem: The IMPACT study. *Journal of Bone and Mineral Research: The*

Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research, 20(4), 557–563.

<https://doi.org/10.1359/JBMR.041214>

Eastell, R., O'Neill, T. W., Hofbauer, L. C., Langdahl, B., Reid, I. R., Gold, D. T., & Cummings, S. R. (2016). Postmenopausal osteoporosis. *Nature Reviews. Disease Primers*, 2, 16069. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.69>

Eastell, R., Rosen, C., Black, D., Cheung, A., Murad, M., & Shoback, D. (2019). Pharmacological Management of Osteoporosis in Postmenopausal Women: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *JOURNAL OF CLINICAL ENDOCRINOLOGY & METABOLISM*, 104(5), 1595–1622. <https://doi.org/10.1210/jc.2019-00221>

Giangregorio, L., Papaioannou, A., MacIntyre, N., Ashe, M., Heinonen, A., Shipp, K., Wark, J., McGill, S., Keller, H., Jain, R., Laprade, J., & Cheung, A. (2014). Too Fit To Fracture: Exercise recommendations for individuals with osteoporosis or osteoporotic vertebral fracture. *OSTEOPOROSIS INTERNATIONAL*, 25(3), 821–835. <https://doi.org/10.1007/s00198-013-2523-2>

Howe, T. E., Shea, B., Dawson, L. J., Downie, F., Murray, A., Ross, C., Harbour, R. T., Caldwell, L. M., & Creed, G. (2011). Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 7, CD000333. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000333.pub2>

IOF. (2020). <https://www.osteoporosis.foundation/>

IOF. (2021).). <https://www.osteoporosis.foundation/>

Johnell, O., & Kanis, J. A. (2006). An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures. *Osteoporosis International*, 17(12), 1726–1733. <https://doi.org/10.1007/s00198-006-0172-4>

Kanis, Harvey, N. C., Cooper, C., Johansson, H., Odén, A., McCloskey, E. V., & Advisory Board of the National Osteoporosis Guideline Group. (2016). A systematic review of intervention thresholds based on FRAX: A report prepared for the National Osteoporosis Guideline Group and the International Osteoporosis Foundation. *Archives of Osteoporosis*, 11(1), 25. <https://doi.org/10.1007/s11657-016-0278-z>

Kanis, J. A., Johnell, O., Oden, A., Johansson, H., & McCloskey, E. (2008). FRAX and the assessment of fracture probability in men and women from the UK. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 19(4), 385–397. <https://doi.org/10.1007/s00198-007-0543-5>

Kanis, J., Cooper, C., Rizzoli, R., Reginster, J., Sci Advisory Board, European Soc Clinical Econ Aspects, & Comm Sci Advisors Natl Soc Int Ost. (2019). Executive summary of European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *AGING CLINICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCH*, 31(1), 15–17. <https://doi.org/10.1007/s40520-018-1109-4>

Kanis, McCloskey, E. V., Johansson, H., Cooper, C., Rizzoli, R., Reginster, J.-Y., & Scientific Advisory Board of the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis and Osteoarthritis (ESCEO) and the Committee of Scientific Advisors of the International Osteoporosis Foundation (IOF). (2013). European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 24(1), 23–57. <https://doi.org/10.1007/s00198-012-2074-y>

Kanis, Melton, L. J., III, Christiansen, C., Johnston, C. C., & Khaltaev, N. (1994). The diagnosis of osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Research*, 9(8), 1137–1141. <https://doi.org/10.1002/jbmr.5650090802>

Kelley, G. A., Kelley, K. S., & Tran, Z. V. (2001). Resistance training and bone mineral density in women: A meta-analysis of controlled trials. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 80(1), 65–77. <https://doi.org/10.1097/00002060-200101000-00017>

Kemmler, W., Bebenek, M., Kohl, M., & von Stengel, S. (2015). Exercise and fractures in postmenopausal women. Final results of the controlled Erlangen Fitness and Osteoporosis Prevention Study (EFOPS). *Osteoporosis International*, 26(10), 2491–2499. <https://doi.org/10.1007/s00198-015-3165-3>

Kemmler, W., Shojaa, M., Kohl, M., & von Stengel, S. (2018). Exercise effects on bone mineral density in older men: A systematic review with special emphasis on study

interventions. *Osteoporosis International*, 29(7), 1493–1504.
<https://doi.org/10.1007/s00198-018-4482-0>

Kemmler, W., von Stengel, S., & Kohl, M. (2016). Exercise frequency and bone mineral density development in exercising postmenopausal osteopenic women. Is there a critical dose of exercise for affecting bone? Results of the Erlangen Fitness and Osteoporosis Prevention Study. *BONE*, 89, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2016.04.019>

Kohrt, W. M., Bloomfield, S. A., Little, K. D., Nelson, M. E., & Yingling, V. R. (2004). Physical Activity and Bone Health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(11), 1985. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000142662.21767.58>

Kollen, B. J., Lennon, S., Lyons, B., Wheatley-Smith, L., Scheper, M., Buurke, J. H., Halfens, J., Geurts, A. C. H., & Kwakkel, G. (2009). The effectiveness of the Bobath concept in stroke rehabilitation: What is the evidence? *Stroke*, 40(4), e89-97. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.108.533828>

Kong, J., Tian, C., & Zhu, L. (2023). Effect of different types of Tai Chi exercise programs on the rate of change in bone mineral density in middle-aged adults at risk of osteoporosis: A randomized controlled trial. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 18(1), 949. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-04324-0>

Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical Therapy*, 83(8), 713–721.

Martyn-St James, M., & Carroll, S. (2009). A meta-analysis of impact exercise on postmenopausal bone loss: The case for mixed loading exercise programmes. *British Journal of Sports Medicine*, 43(12), 898–908. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.052704>

Methley, A. M., Campbell, S., Chew-Graham, C., McNally, R., & Cheraghi-Sohi, S. (2014). PICO, PICOS and SPIDER: A comparison study of specificity and sensitivity in three search tools for qualitative systematic reviews. *BMC Health Services Research*, 14, 579. <https://doi.org/10.1186/s12913-014-0579-0>

Mohebbi, R., Shojaa, M., Kohl, M., von Stengel, S., Jakob, F., Kersch-Schindl, K., Lange, U., Peters, S., Thomasius, F., Uder, M., & Kemmler, W. (2023). Exercise training and bone mineral density in postmenopausal women: An updated systematic review and

meta-analysis of intervention studies with emphasis on potential moderators. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 34(7), 1145–1178. <https://doi.org/10.1007/s00198-023-06682-1>

Nelson, M. E., Fiatarone, M. A., Morganti, C. M., Trice, I., Greenberg, R. A., & Evans, W. J. (1994). Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. A randomized controlled trial. *JAMA*, 272(24), 1909–1914. . <https://doi.org/10.1001/jama.1994.03520240037038>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Papaioannou, A., Adachi, J. D., Winegard, K., Ferko, N., Parkinson, W., Cook, R. J., Webber, C., & McCartney, N. (2003). Efficacy of home-based exercise for improving quality of life among elderly women with symptomatic osteoporosis-related vertebral fractures. *Osteoporosis International*, 14(8), 677–682. <https://doi.org/10.1007/s00198-003-1423-2>

Pasco, J. A., Seeman, E., Henry, M. J., Merriman, E. N., Nicholson, G. C., & Kotowicz, M. A. (2006). The population burden of fractures originates in women with osteopenia, not osteoporosis. *Osteoporosis International*, 17(9), 1404–1409. <https://doi.org/10.1007/s00198-006-0135-9>

Posch, M., Schranz, A., Lener, M., Tecklenburg, K., Burtscher, M., Ruedl, G., Niedermeier, M., & Wlaschek, W. (2019). Effectiveness of a Mini-Trampoline Training Program on Balance and Functional Mobility, Gait Performance, Strength, Fear of Falling and Bone Mineral Density in Older Women with Osteopenia. *Clinical Interventions in Aging*, 14, 2281–2293. <https://doi.org/10.2147/CIA.S230008>

Riaz, S., Shakil Ur Rehman, S., Hafeez, S., & Hassan, D. (2024). Effects of kinect-based virtual reality training on bone mineral density and fracture risk in postmenopausal women with osteopenia: A randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 14(1), 6650. . <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57358-7>

Rico-González, M., Pino-Ortega, J., Clemente, F. M., & Arcos, A. L. (2022). Guidelines for performing systematic reviews in sports science. *Biology of Sport*, 39(2), 463–471. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2022.106386>

Rodrigues, A. M., Canhão, H., Marques, A., Ambrósio, C., Borges, J., Coelho, P., Costa, L., Fernandes, S., Gonçalves, I., Gonçalves, M., Guerra, M., Marques, M. L., Pimenta, S., Pinto, P., Sequeira, G., Simões, E., Teixeira, L., Vaz, C., Vieira-Sousa, E., ... da Silva, J. (2018). Portuguese recommendations for the prevention, diagnosis and management of primary osteoporosis—2018 update. *Acta Reumatologica Portuguesa*, 43(1), 10–31.

Sanchez-Trigo, H., Maher, C., Godino, J. G., & Sañudo, B. (2023). Effects of an mHealth physical activity intervention to prevent osteoporosis in premenopausal women. A randomized controlled trial. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 26(10), 545–552. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2023.09.004>

Schuit, S. C. E., van der Klift, M., Weel, A. E. a. M., de Laet, C. E. D. H., Burger, H., Seeman, E., Hofman, A., Uitterlinden, A. G., van Leeuwen, J. P. T. M., & Pols, H. a. P. (2004). Fracture incidence and association with bone mineral density in elderly men and women: The Rotterdam Study. *Bone*, 34(1), 195–202. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2003.10.001>

Seeman, E., & Delmas, P. D. (2006). Bone Quality—The Material and Structural Basis of Bone Strength and Fragility. *New England Journal of Medicine*, 354(21), 2250–2261. <https://doi.org/10.1056/NEJMra053077>

Sherrington, C., Fairhall, N. J., Wallbank, G. K., Tiedemann, A., Michaleff, Z. A., Howard, K., Clemson, L., Hopewell, S., & Lamb, S. E. (2019). Exercise for preventing falls in older people living in the community. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 1(1), CD012424. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012424.pub2>

Silva, A. C. V., Rosa, M. I. da, Fernandes, B., Lumertz, S., Diniz, R. M., & Damiani, M. E. F. dos R. (2015). Fatores associados à osteopenia e osteoporose em mulheres submetidas à densitometria óssea. *Revista Brasileira de Reumatologia*, 55, 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.rbr.2014.08.012>

Tulder, Furlan, A., Bombardier, C., Bouter, L., & Group, the E. B. of the C. C. B. R. (2003). Updated Method Guidelines for Systematic Reviews in the Cochrane

Collaboration Back Review Group. *Spine*, 28(12), 1290.

<https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000065484.95996.AF>

Turner, C. H. (1998). Three rules for bone adaptation to mechanical stimuli. *Bone*, 23(5), 399–407. [https://doi.org/10.1016/s8756-3282\(98\)00118-5](https://doi.org/10.1016/s8756-3282(98)00118-5)

Vainionpää, A., Korpelainen, R., Sievänen, H., Vihriälä, E., Leppäluoto, J., & Jämsä, T. (2006). Effect of impact exercise and its intensity on bone geometry at weight-bearing tibia and femur. *Bone*, 40(3), 604–611. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2006.10.005>

Vaughan-Graham, J., Cott, C., & Wright, F. V. (2015). The Bobath (NDT) concept in adult neurological rehabilitation: What is the state of the knowledge? A scoping review. Part I: conceptual perspectives. *Disability and Rehabilitation*, 37(20), 1793–1807. <https://doi.org/10.3109/09638288.2014.985802>

Wang, Z., Zan, X., Li, Y., Lu, Y., Xia, Y., & Pan, X. (2023). Comparative efficacy different resistance training protocols on bone mineral density in postmenopausal women: A systematic review and network meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 14, 1105303. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1105303>

Watson, S., Weeks, B., Weis, L., Harding, A., Horan, S., & Beck, B. (2018). High-Intensity Resistance and Impact Training Improves Bone Mineral Density and Physical Function in Postmenopausal Women With Osteopenia and Osteoporosis: The LIFTMOR Randomized Controlled Trial. *JOURNAL OF BONE AND MINERAL RESEARCH*, 33(2), 211–220. <https://doi.org/10.1002/jbmr.3284>

Watson, S., Weeks, B., Weis, L., Horan, S., & Beck, B. (2015). Heavy resistance training is safe and improves bone, function, and stature in postmenopausal women with low to very low bone mass: Novel early findings from the LIFTMOR trial. *OSTEOPOROSIS INTERNATIONAL*, 26(12), 2889–2894. <https://doi.org/10.1007/s00198-015-3263-2>

Weitzmann, M. N., & Pacifici, R. (2006). Estrogen deficiency and bone loss: An inflammatory tale. *The Journal of Clinical Investigation*, 116(5), 1186–1194. <https://doi.org/10.1172/JCI28550>

WHO. (2004). *Prevention and management of osteoporosis: Report of a WHO scientific group*. <https://iris.who.int/handle/10665/42841?search-result=true&query=WHO+Scientific+Group+on+the+Assessment+of+Osteoporosis+at+>

[Primary+Health+Care+Level%3A+Summary+Meeting+Report.&scope=&rpp=10&sort
by=score&order=desc](#)

Yakar, S., Rosen, C. J., Beamer, W. G., Ackert-Bicknell, C. L., Wu, Y., Liu, J.-L., Ooi, G. T., Setser, J., Frystyk, J., Boisclair, Y. R., & LeRoith, D. (2002). Circulating levels of IGF-1 directly regulate bone growth and density. *The Journal of Clinical Investigation*, 110(6), 771–781. <https://doi.org/10.1172/JCI15463>

Anexos

Anexo1: Checklist PRISMA 2020



PRISMA 2020 Lista de verificação

Secção e Tópico	Item #	Verificação do Item	Local onde o item está
TÍTULO			
Título	1	Identifica a publicação como uma revisão sistemática.	
RESUMO			
Resumo	2	Ver a lista de verificação PRISMA 2020 para Resumos.	
INTRODUÇÃO			
Fundamentação	3	Fundamenta a revisão no contexto do conhecimento existente.	
Objetivos	4	Apresenta explicitamente o(s) objetivo(s) ou questão(ões) respeitantes à revisão.	
MÉTODOS			
Critérios de elegibilidade	5	Especifica os critérios de inclusão e exclusão para a revisão e forma como os estudos foram agrupados para as sínteses.	
Fontes de informação	6	Especifica todas as bases de dados, registos, websites, organizações, listas de referências e outras fontes pesquisadas ou consultadas para identificação dos estudos. Especifica a última data em que cada fonte foi pesquisada ou consultada.	
Estratégia de pesquisa	7	Apresenta as estratégias de pesquisa completas para todas as bases de dados, registos e websites, incluindo todos os filtros e limites utilizados.	
Processo de seleção	8	Especifica os métodos utilizados para decidir se um estudo satisfaz os critérios de inclusão da revisão, incluindo quantos revisores fizeram a triagem de cada registo e publicação selecionada, se trabalharam de uma forma independente e, se aplicável, os detalhes de ferramentas de automatização utilizadas no processo.	
Processo de recolha de dados	9	Especifica os métodos utilizados para recolha de dados das publicações, incluindo quantos revisores recolheram a informação de cada publicação, se trabalharam de uma forma independente, todos os processos de obtenção ou confirmação de dados por parte dos investigadores do estudo e, se aplicável, detalhes de ferramentas de automatização utilizadas.	
Dados dos itens	10a	Lista e define todos os resultados para os quais os dados foram pesquisados. Especifica se foram pesquisados todos os resultados compatíveis com cada domínio em cada estudo (p ex. para todas as medidas, momentos, análises) e, se não, especifica os métodos utilizados para decidir quais resultados a recolher.	
	10b	Lista e define todas as outras variáveis para as quais os dados foram pesquisados (p. ex. características dos participantes e intervenções, fontes de financiamento). Descreve os pressupostos utilizados sobre informação em falta ou pouco clara.	
Avaliação do risco de viés nos estudos	11	Especifica os métodos utilizados para avaliar o risco de viés dos estudos incluídos, incluindo detalhes sobre o(s) instrumento(s) utilizado(s), quantos revisores avaliaram cada estudo e se trabalharam de forma independente e ainda, se aplicável, detalhes de ferramentas de automatização utilizadas no processo.	
Medidas de efeito	12	Especifica para cada resultado a(s) medida(s) de efeito (p. ex. risco relativo e diferença de média) utilizada(s) na síntese ou apresentação dos resultados.	
Método de síntese	13a	escreve os processos utilizados para decidir os estudos elegíveis para cada síntese (p. ex. apresentar as características da intervenção apresentada no estudo e comparar com os grupos planeados para cada síntese (item #5)).	
	13b	Descreve todos os métodos necessários de preparação de dados para apresentação ou síntese, tais como lidar com os dados em falta no resumo da estatística, ou conversões de dados.	
	13c	Descreve todos os métodos utilizados para apresentar ou exibir os resultados individuais de estudos e sínteses.	
	13d	Descreve todos os métodos utilizados para resumir os resultados e fornece uma justificação para a(s) escolha(s). Se foi realizada uma meta-	

Fonte: Page et al. (2021).

Anexo1: (Continuação)

PRISMA 2020 Lista de verificação

Secção e Tópico	Item #	Verificação do item	Local onde o item está
		análise, Descreve o(s) modelo(s) e método(s) para identificar a presença e extensão da heterogeneidade estatística, e de software utilizado(s).	
	13e	Descreve todos os métodos utilizados para explorar possíveis causas de heterogeneidade entre os resultados do estudo (p. ex. análise de subgrupos, meta-regressão).	
	13f	Descreve todas as análises de sensibilidade realizadas para avaliar a robustez a síntese dos resultados.	
Avaliação do viés reportado	14	Descreve todos os métodos utilizados para avaliar o risco de viés devido à falta de resultados numa síntese (decorrente de viés de informação).	
Avaliação do grau de confiança	15	Descreve todos os métodos utilizados para avaliar a certeza (ou confiança) no corpo de evidência de um resultado.	
RESULTADOS			
Seleção dos estudos	16a	Descreve os resultados do processo de pesquisa e seleção, desde o número de registos identificados na pesquisa até ao número de estudos incluídos na revisão, idealmente utilizando um fluxograma.	
	16b	Cita estudos que parecem satisfazer os critérios de inclusão, mas que foram excluídos, e explica as razões da exclusão.	
Características dos estudos	17	Cita cada estudo incluído e apresenta as suas características.	
Risco de viés nos estudos	18	Apresenta a avaliação de risco de viés para cada estudo incluído.	
Resultados individuais dos estudos	19	Para todos os resultados de cada estudo, apresenta: (a) resumo da estatística para cada grupo (quando apropriado) e (b) uma estimativa do efeito e a sua precisão (p. ex. intervalo de confiança/credibilidade), utilizando idealmente tabelas ou gráficos estruturados.	
Resultados das sínteses	20a	Para cada síntese, resumo das características e risco de viés entre os estudos selecionados.	
	20b	Apresenta os resultados de todas as sínteses estatísticas realizadas. Se foi feita uma meta-análise, apresenta para cada resultado o resumo da estimativa e a sua precisão (p. ex. intervalo de confiança/credibilidade) e medidas de heterogeneidade estatística. Se forem comparados grupos, descreve a direção do efeito.	
	20c	Apresenta os resultados de todas as investigações de possíveis causas de heterogeneidade entre os resultados do estudo.	
	20d	Apresenta resultados de todas as análises de sensibilidade realizadas para avaliar a robustez dos resultados sintetizados.	
Vieses reportados	21	Apresenta a avaliação do risco de viés devido à falta de resultados (resultantes de viés de informação) para cada síntese avaliada.	
Nível de significância	22	Apresenta a avaliação de certeza (ou confiança) no corpo de evidência para cada resultado avaliado.	
DISCUSSÃO			
Discussão	23a	Fornece uma interpretação geral dos resultados no contexto de outra evidência.	
	23b	Discute todas as limitações da evidência, incluídas na revisão.	
	23c	Discute todas as limitações dos processos de revisão utilizados.	
	23d	Discute as implicações dos resultados para a prática, política e investigação futura.	
OUTRAS INFORMAÇÕES			
Registo do	24a	Fornece informação sobre o registo da revisão, incluindo o nome e número de registo, ou refere que a revisão não está registada.	

Anexo1: (Continuação)



PRISMA 2020 Lista de verificação

Secção e Tópico	Item #	Verificação do item	Local onde o item está
protocolo	24b	Indica local de acesso ao protocolo da revisão, ou refere que o protocolo não foi preparado.	
	24c	Descreve e explica todas as alterações à informação fornecida no registo ou no protocolo.	
Apoios	25	Descreve as fontes de financiamento ou apoio sem financiamento que suportam a revisão, e o papel dos financiadores ou patrocinadores da revisão.	
Conflito de interesses	26	Declara todos os conflitos de interesses dos autores da revisão.	
Disponibilidade dos dados, códigos e outros materiais	27	Reporta quais dos seguintes materiais estão acessíveis publicamente e onde podem ser encontrados: modelo de formulários de recolha de dados extraídos dos estudos incluídos, dados utilizados para análise; código analítico, qualquer outro material utilizado na revisão.	

Traduzido por: Verónica Abreu*, Sónia Gonçalves-Lopes*, José Luís Sousa* e Verónica Oliveira / *ESS Jean Piaget - Vila Nova de Gaia - Portugal

A partir de: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

Anexo 2: Itens da Escala PEDro

Escala de PEDro – Português (Portugal)

1. Os critérios de elegibilidade foram especificados	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
2. Os sujeitos foram aleatoriamente distribuídos por grupos (num estudo crossover, os sujeitos foram colocados em grupos de forma aleatória de acordo com o tratamento recebido)	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
3. A distribuição dos sujeitos foi cega	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
4. Inicialmente, os grupos eram semelhantes no que diz respeito aos indicadores de prognóstico mais importantes	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
5. Todos os sujeitos participaram de forma cega no estudo	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
6. Todos os fisioterapeutas que administraram a terapia fizeram-no de forma cega	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
7. Todos os avaliadores que mediram pelo menos um resultado-chave, fizeram-no de forma cega	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
8. Medições de pelo menos um resultado-chave foram obtidas em mais de 85% dos sujeitos inicialmente distribuídos pelos grupos	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
9. Todos os sujeitos a partir dos quais se apresentaram medições de resultados receberam o tratamento ou a condição de controlo conforme a distribuição ou, quando não foi esse o caso, fez-se a análise dos dados para pelo menos um dos resultados-chave por “intenção de tratamento”	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
10. Os resultados das comparações estatísticas inter-grupos foram descritos para pelo menos um resultado-chave	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
11. O estudo apresenta tanto medidas de precisão como medidas de variabilidade para pelo menos um resultado-chave	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:

A escala PEDro baseia-se na lista de Delphi, desenvolvida por Verhagen e colegas no Departamento de Epidemiologia, da Universidade de Maastricht (*Verhagen AP et al (1988). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). A lista, na sua maior parte, baseia-se num “consenso de peritos” e não em dados empíricos. Incluíram-se na escala de PEDro dois itens adicionais, que não constavam da lista de Delphi (os itens 8 e 10 da escala de PEDro). À medida que forem disponibilizados mais dados empíricos, pode vir a ser possível ponderar os itens da escala de forma a que a pontuação obtida a partir da aplicação da escala PEDro reflita a importância de cada um dos itens da escala.

O objetivo da escala PEDro consiste em auxiliar os utilizadores da base de dados PEDro a identificar rapidamente quais dos estudos clínicos randomizados, ou quase-randomizados, (ou seja, ECR ou ECC) arquivados na base de dados PEDro poderão ter validade interna (critérios 2-9), e poderão conter suficiente informação estatística para que os seus resultados possam ser interpretados (critérios 10-11). Um critério adicional (critério 1) que diz respeito à validade externa (ou “potencial de generalização” ou “aplicabilidade” do estudo clínico) foi mantido para que a *Delphi list* esteja completa, mas este critério não será usado para calcular a pontuação PEDro apresentada no endereço PEDro na internet.

A escala PEDro não deverá ser usada como uma medida da “validade” das conclusões de um estudo. Advertimos, muito especialmente, os utilizadores da escala PEDro de que estudos que revelem efeitos significativos do tratamento e que obtenham pontuação elevada na escala PEDro não fornecem, necessariamente, evidência de que o tratamento seja clinicamente útil. Adicionalmente, importa saber se o efeito do tratamento foi suficientemente expressivo para poder ser considerado clinicamente justificável, se os efeitos positivos superam os negativos, e aferir a relação de custo-eficácia do tratamento. A escala não deve ser utilizada para comparar a “qualidade” de estudo clínicos realizados em diferentes áreas de terapia, principalmente porque nalgumas áreas da prática da fisioterapia não é possível satisfazer todos os itens da escala.

Modificada pela última vez em 21 de Junho de 1999
Tradução em Português vez em 13 de Maio de 2009

Fonte: *Physiotherapy Evidence Database- PEDro Scale*.

Anexo2: (Continuação)

Indicações para a administração da escala PEDro:

- Todos os critérios **A pontuação só será atribuída quando um critério for claramente satisfeito.** Se numa leitura literal do relatório do ensaio existir a possibilidade de um critério não ter sido satisfeito, esse critério não deve receber pontuação.
- Critério 1 Este critério pode considerar-se satisfeito quando o relatório descreve a origem dos sujeitos e a lista de requisitos utilizados para determinar quais os sujeitos elegíveis para participar no estudo.
- Critério 2 Considera-se que num determinado estudo houve distribuição aleatória se o relatório referir que a distribuição dos sujeitos foi aleatória. O método de aleatoriedade não precisa de ser explícito. Procedimentos tais como lançamento de dados ou moeda ao ar devem considerar-se de distribuição aleatória. Procedimentos de distribuição quase-aleatória tais como os que se efectuam a partir do número de registo hospitalar, da data de nascimento, ou de alternância, não satisfazem este critério.
- Critério 3 *Distribuição cega* significa que a pessoa que determinou a elegibilidade do sujeito para participar no ensaio desconhecia, quando a decisão foi tomada, o grupo a que o sujeito iria pertencer. Deve atribuir-se um ponto a este critério, mesmo que não se diga que a distribuição foi cega, quando o relatório refere que a distribuição foi feita a partir de envelopes opacos fechados ou que a distribuição implicou o contacto com o responsável pela distribuição dos sujeitos por grupos, e este último não estava implicado no ensaio.
- Critério 4 No mínimo, nos estudos de intervenções terapêuticas, o relatório deve descrever pelo menos uma medida da gravidade da condição a ser tratada e pelo menos uma (diferente) medida de resultado-chave que caracterize o ponto de partida. O examinador deve assegurar-se de que, com base nas condições de prognóstico de início, não seja possível prever diferenças clinicamente significativas dos resultados, para os diversos grupos. Este critério é atingido mesmo que somente sejam apresentados os dados iniciais do estudo.
- Critérios 4, 7-11 *Resultados-chave* são resultados que fornecem o indicador primário da eficácia (ou falta de eficácia) da terapia. Na maioria dos estudos, utilizam mais do que uma variável como medida de resultados.
- Critérios 5-7 *Ser cego para o estudo* significa que a pessoa em questão (sujeito, terapeuta ou avaliador) não conhece qual o grupo em que o sujeito é integrado. Mais ainda, sujeitos e terapeutas só são considerados “cegos” se for possível esperar-se que os mesmos sejam incapazes de distinguir entre os tratamentos aplicados aos diferentes grupos. Nos ensaios em que os resultados-chave são relatados pelo próprio (por exemplo, escala visual análoga, registo diário da dor), o avaliador é considerado “cego” se o sujeito foi “cego”.
- Critério 8 Este critério só se considera satisfeito se o relatório referir explicitamente *tanto* o número de sujeitos inicialmente integrados nos grupos *como* o número de sujeitos a partir dos quais se obtiveram medidas de resultados-chave. Nos ensaios em que os resultados são medidos em diferentes momentos no tempo, um resultado-chave tem de ter sido medido em mais de 85% dos sujeitos num destes momentos.
- Critério 9 Uma análise de *intenção de tratamento* significa que, quando os sujeitos não receberam tratamento (ou a condição de controlo) conforme o grupo atribuído, e quando se encontram disponíveis medidas de resultados, a análise foi efectuada como se os sujeitos tivessem recebido o tratamento (ou a condição de controlo) que lhes tido sido atribuído inicialmente. Este critério é satisfeito, mesmo que não seja referida a análise por intenção de tratamento, se o relatório referir explicitamente que todos os sujeitos receberam o tratamento ou condição de controlo, conforme a distribuição por grupos.
- Critério 10 Uma *comparação estatística inter-grupos* implica uma comparação estatística de um grupo com outro. Conforme o desenho do estudo, isto pode implicar uma comparação de dois ou mais tratamentos, ou a comparação do tratamento com a condição de controlo. A análise pode ser uma simples comparação dos resultados medidos após a administração do tratamento, ou a comparação das alterações num grupo em relação às alterações no outro (quando se usou uma análise factorial de variância para analisar os dados, esta última é frequentemente descrita como interacção grupo x tempo). A comparação pode apresentar-se sob a forma de hipóteses (através de um valor de p, descrevendo a probabilidade dos grupos diferirem apenas por acaso) ou assumir a forma de uma estimativa (por exemplo, a diferença média ou a diferença mediana, ou uma diferença nas proporções, ou um número necessário para tratar, ou um risco relativo ou um rácio de risco) e respectivo intervalo de confiança.
- Critério 11 Uma *medida de precisão* é uma medida da dimensão do efeito do tratamento. O efeito do tratamento pode ser descrito como uma diferença nos resultados do grupo, ou como o resultado em todos os (ou em cada um dos) grupos. *Medidas de variabilidade* incluem desvios-padrão (DP's), erros-padrão (EP's), intervalos de confiança, amplitudes interquartis (ou outras amplitudes de quantis), e amplitudes de variação. As medidas de precisão e/ou as medidas de variabilidade podem ser apresentadas graficamente (por exemplo, os DP's podem ser apresentados como barras de erro numa figura) desde que aquilo que é representado seja inequivocamente identificável (por exemplo, desde que fique claro se as barras de erro representam DP's ou EP's). Quando os resultados são relativos a variáveis categóricas, considera-se que este critério foi cumprido se o número de sujeitos em cada categoria é dado para cada grupo.