Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação — REASE

OPEN ACCESS

doi.org/10.51891/rease.v12i11.32749

NUTRIÇÃO E SAÚDE ÓSSEA NO ENVELHECIMENTO: ASSOCIAÇÃO ENTRE PADRÕES ALIMENTARES, INGESTÃO DE NUTRIENTES E INDICADORES DE SAÚDE ÓSSEA EM ADULTOS E IDOSOS

NUTRITION AND BONE HEALTH IN AGING: ASSOCIATION BETWEEN DIETARY PATTERNS, NUTRIENT INTAKE, AND BONE HEALTH INDICATORS IN ADULTS AND OLDER ADULTS

Carolina Lessa de Aguiar[1]
Francisco Erick de Sousa Portela[2]
Marcus Vinícius Ribeiro Ferreira[3]

RESUMO: O envelhecimento envolve alterações que podem comprometer a saúde óssea e aumentar o risco de osteoporose e fraturas. Este estudo objetivou analisar a associação entre padrões alimentares, ingestão de nutrientes e indicadores de saúde óssea em adultos em processo de envelhecimento. Realizou-se uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e caráter descritivo, com buscas nas bases PubMed/MEDLINE e SciELO, abrangendo publicações de janeiro de 2016 a outubro de 2026. Foram incluídos 24 estudos originais, observacionais e de intervenção. Maiores índices de qualidade da alimentação estiveram associados a menores chances de osteoporose em determinadas populações, enquanto maior consumo de ultraprocessados e maior carga ácida alimentar se associaram a indicadores ósseos desfavoráveis. Padrões alimentares vegetais saudáveis e o consumo de alguns produtos lácteos apresentaram associações favoráveis, com variações conforme o desfecho avaliado. Os achados relativos à ingestão de proteínas, cálcio, magnésio e vitaminas K e D foram heterogêneos. Uma intervenção multifatorial que combinou dieta mediterrânea, atividade física e acompanhamento comportamental apresentou efeitos favoráveis sobre a densidade mineral óssea lombar, sem permitir atribuí-los isoladamente à alimentação. Conclui-se que a qualidade global da dieta e a adequação nutricional são relevantes para a saúde óssea no envelhecimento. Contudo, a predominância de estudos observacionais e a heterogeneidade metodológica limitam inferências causais e não permitem afirmar que nutrientes ou padrões alimentares isolados previnam osteoporose ou fraturas.

Palavras-chave: Saúde óssea. Envelhecimento. Padrões alimentares. Osteoporose. Nutrientes.

ABSTRACT: Aging involves physiological changes that may compromise bone health and increase the risk of osteoporosis and fractures. This study aimed to analyze the association between dietary patterns, nutrient intake, and bone health indicators in aging adults. An integrative literature review with a qualitative, descriptive approach was conducted using PubMed/MEDLINE and SciELO, covering publications from January 2016 to October 2026. Twenty-four original observational and intervention studies were included. Higher diet quality scores were associated with lower odds of osteoporosis in certain populations, whereas greater consumption of ultra-processed foods and higher dietary acid load were associated with unfavorable bone health indicators. Healthy plant-based dietary patterns and consumption of certain dairy products showed favorable associations, although findings varied according to the outcome assessed. Results concerning protein, calcium, magnesium, and vitamins K and D intake were heterogeneous. A multifactorial intervention combining a Mediterranean diet,

[1] Graduanda em Nutrição (ensino superior incompleto). Universidade do Planalto Central Apparecido dos Santos (UNICEPLAC).
[2] Graduando em Nutrição (ensino superior incompleto). Universidade do Planalto Central Apparecido dos Santos (UNICEPLAC).
[3] Orientador. Docente do curso de Biomedicina. Universidade do Planalto Central Apparecido dos Santos (UNICEPLAC).

physical activity, and behavioral support showed favorable effects on lumbar spine bone mineral density, but these effects could not be attributed to diet alone. Overall dietary quality and nutritional adequacy are relevant to bone health during aging. However, the predominance of observational studies and methodological heterogeneity limit causal inferences and do not support claims that individual nutrients or dietary patterns prevent osteoporosis or fractures.

Keywords: Bone health. Aging. Dietary patterns. Osteoporosis. Nutrients.

1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional constitui um importante fenômeno demográfico e representa um desafio crescente para os sistemas de saúde, especialmente em razão do aumento da ocorrência de doenças crônicas não transmissíveis e de condições associadas à redução da capacidade funcional (World Health Organization, 2025). Entre as alterações relacionadas ao processo de envelhecimento, destacam-se aquelas que comprometem o sistema musculoesquelético, incluindo a redução da massa óssea, a deterioração da microarquitetura do tecido ósseo e o aumento da suscetibilidade a fraturas (Compston; McClung; Leslie, 2019). Nesse contexto, a preservação da saúde óssea assume relevância para a manutenção da autonomia, da mobilidade e da qualidade de vida de adultos e idosos.

O tecido ósseo apresenta atividade metabólica contínua, caracterizada por processos de formação e reabsorção que, em condições fisiológicas, contribuem para a manutenção de sua estrutura e resistência. Entretanto, com o avanço da idade, alterações hormonais, metabólicas e funcionais podem comprometer o equilíbrio da remodelação óssea, favorecendo a perda progressiva de massa óssea. Essas modificações contribuem para o desenvolvimento da osteopenia e da osteoporose, condições relacionadas à diminuição da resistência óssea e ao aumento do risco de fraturas por fragilidade. Em mulheres, a redução dos níveis de estrogênio após a menopausa constitui um fator particularmente relevante para a aceleração da perda óssea (Compston; McClung; Leslie, 2019).

A saúde óssea resulta da interação de fatores genéticos, hormonais, comportamentais e ambientais. Embora determinados fatores, como idade e predisposição genética, não sejam modificáveis, aspectos relacionados ao estilo de vida podem influenciar a manutenção da integridade do esqueleto. Entre eles, destacam-se a prática de atividade física, a exposição solar e a alimentação. Nesse cenário, a Nutrição apresenta importância tanto pela disponibilidade de nutrientes envolvidos no metabolismo ósseo quanto pela possibilidade de investigar a associação entre hábitos alimentares e indicadores de saúde óssea ao longo do envelhecimento (Compston; McClung; Leslie, 2019; Rizzoli; Biver; Brennan-Speranza, 2021).

Entre os nutrientes relacionados ao metabolismo ósseo, o cálcio e a vitamina D apresentam funções fisiológicas bem estabelecidas. O cálcio constitui um dos principais componentes minerais do tecido ósseo, enquanto a vitamina D participa da regulação da homeostase do cálcio e do fósforo, contribuindo para sua absorção intestinal e para o metabolismo mineral (Rizzoli; Biver; Brennan-Speranza, 2021).

As proteínas também desempenham funções relevantes na formação e manutenção dos tecidos corporais, incluindo a matriz orgânica óssea e a musculatura esquelética. Outros componentes alimentares, como magnésio, vitamina K e compostos bioativos, têm sido investigados em relação aos mecanismos de remodelação óssea, embora a consistência das evidências clínicas varie entre esses componentes.

Além da ingestão isolada de nutrientes, a investigação de padrões alimentares permite compreender a alimentação de maneira mais abrangente, considerando a combinação de alimentos e nutrientes habitualmente consumidos. Essa abordagem é relevante porque os indivíduos não consomem nutrientes isoladamente, mas refeições e dietas compostas por diferentes grupos alimentares (Hu, 2002). Nesse sentido, padrões como a dieta mediterrânea, o padrão DASH (Dietary Approaches to Stop Hypertension) e aqueles caracterizados por maior consumo de alimentos vegetais têm despertado interesse científico em razão de suas características nutricionais (Ghadiri et al., 2023; Ilesanmi-Oyelere et al., 2020; Sotos-Prieto et al., 2024; Vázquez-Lorente et al., 2025). Paralelamente, índices de qualidade da dieta, como o *Healthy Eating Index* (HEI), têm sido utilizados para investigar possíveis associações entre a alimentação habitual e indicadores de saúde óssea (Wang K. et al., 2024; Liu et al., 2025).

Estudos observacionais recentes apresentam resultados que justificam a investigação dessa relação. Wang et al. (2024), ao analisarem mulheres na pós-menopausa com 50 anos ou mais, participantes do National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), identificaram associação entre maior pontuação no Healthy Eating Index-2015 (HEI-2015) e menores chances de osteoporose. Como evidência complementar, Kamari et al. (2023), em estudo com 1.012 mulheres na pós-menopausa, não identificaram associação estatisticamente significativa entre o índice de qualidade alimentar e a estimativa de densidade mineral óssea no modelo ajustado apresentado. É importante destacar que essa investigação utilizou indicador derivado de bioimpedância elétrica, método que não apresenta equivalência com a avaliação densitométrica por absorciometria por dupla energia de raios X (DXA) (Kamari et al., 2023; International Society for Clinical Densitometry, 2023). Esses achados reforçam a necessidade

de considerar diferenças entre populações, métodos de avaliação nutricional, indicadores ósseos e procedimentos estatísticos na interpretação da literatura.

No contexto brasileiro, Destefani et al. (2021) investigaram a relação entre qualidade da alimentação e saúde óssea em 105 mulheres idosas. Os autores identificaram diferenças em marcadores bioquímicos de remodelação óssea conforme a qualidade da dieta, sem observar diferenças correspondentes na densidade mineral óssea entre os grupos avaliados. Esse resultado reforça a importância de distinguir indicadores de metabolismo ósseo de medidas de massa óssea, uma vez que representam dimensões relacionadas, porém não equivalentes, da saúde do esqueleto (Vasikaran et al., 2011).

As intervenções alimentares também têm sido investigadas como estratégias potenciais de preservação óssea. Em análise secundária do ensaio clínico PREDIMED-Plus, Vázquez-Lorente et al. (2025) avaliaram indicadores de saúde óssea em adultos de 55 a 75 anos submetidos a diferentes intervenções de estilo de vida. Entretanto, como a intervenção envolveu modificações alimentares associadas à atividade física, seus resultados exigem interpretação cuidadosa, não sendo possível atribuir exclusivamente à alimentação todos os efeitos observados.

Dessa forma, embora existam fundamentos fisiológicos para a importância da alimentação na manutenção do tecido ósseo, a magnitude e a consistência das associações entre padrões alimentares, ingestão de nutrientes e desfechos ósseos ainda precisam ser examinadas criticamente. A diversidade de delineamentos, populações, métodos de avaliação dietética e indicadores de saúde óssea dificulta a comparação direta entre estudos e reforça a necessidade de uma síntese organizada das evidências disponíveis.

Diante desse cenário, justifica-se a realização de uma revisão integrativa da literatura destinada a analisar a associação entre padrões alimentares, ingestão de nutrientes específicos e indicadores de saúde óssea em adultos em processo de envelhecimento. A investigação busca sintetizar criticamente as evidências disponíveis sobre a relação entre fatores nutricionais e desfechos como densidade mineral óssea, osteopenia, osteoporose e fraturas por fragilidade, considerando as diferenças metodológicas e as limitações dos estudos. Dessa forma, pretende-se contribuir para a compreensão científica dessa relação e fornecer subsídios para a atenção nutricional de adultos e idosos, sem pressupor efeitos preventivos que não tenham sido demonstrados pelas pesquisas analisadas.

O objetivo geral do trabalho é analisar a associação entre padrões alimentares, ingestão de nutrientes específicos e indicadores de saúde óssea em adultos em processo de envelhecimento, considerando a densidade mineral óssea, a ocorrência de osteopenia, osteoporose e fraturas por fragilidade.

Entre os objetivos específicos do trabalho, estão: Identificar as associações entre a ingestão de nutrientes específicos, especialmente cálcio, vitamina D e proteínas, e indicadores de saúde óssea em adultos em processo de envelhecimento; Analisar a relação de padrões alimentares, índices de qualidade da dieta, potencial inflamatório da alimentação e consumo de alimentos ultraprocessados com os desfechos relacionados à saúde óssea; Examinar as evidências provenientes de estudos observacionais e de intervenções nutricionais, considerando os principais resultados, as limitações metodológicas e suas implicações para a atenção nutricional de adultos e idosos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e caráter descritivo, com o objetivo de reunir, analisar e sintetizar evidências científicas sobre a associação entre padrões alimentares, ingestão de nutrientes e saúde óssea em adultos em processo de envelhecimento.

A revisão integrativa permite a inclusão de estudos com diferentes delineamentos metodológicos, possibilitando uma compreensão abrangente do fenômeno investigado. Nesse contexto, foram considerados estudos observacionais e de intervenção que avaliaram a relação entre fatores nutricionais e indicadores de saúde óssea, respeitando-se as particularidades metodológicas e as limitações de cada investigação.

O desenvolvimento da revisão compreendeu a definição da pergunta norteadora, o estabelecimento dos critérios de elegibilidade, a busca bibliográfica, a seleção dos estudos, a extração das informações relevantes, a avaliação crítica das evidências e a síntese dos resultados. Essas etapas foram organizadas de maneira sistematizada, buscando assegurar clareza metodológica e coerência entre a pergunta de pesquisa, os critérios de seleção e os estudos analisados (Whittemore; Knafl, 2005).

A pergunta norteadora da revisão foi: “Qual é a associação entre padrões alimentares, ingestão de nutrientes específicos e indicadores de saúde óssea em adultos em processo de envelhecimento?”

Para orientar a delimitação da questão de pesquisa e a definição dos critérios de elegibilidade, utilizou-se a estratégia PECO, composta pelos elementos população (P), exposição (E), comparação (C) e desfecho (O) (Morgan et al., 2018).

A população de interesse (P) compreendeu adultos com idade igual ou superior a 40 anos, incluindo indivíduos de ambos os sexos, com atenção às alterações ósseas associadas ao envelhecimento e, quando pertinente, à transição menopausal. A exposição (E) correspondeu aos padrões alimentares, à qualidade global da dieta, ao consumo de grupos alimentares e à ingestão de nutrientes potencialmente relacionados à saúde óssea, com destaque para cálcio, vitamina D e proteínas.

A comparação (C) envolveu diferentes níveis de consumo alimentar, categorias de adesão a padrões dietéticos, grupos com distintas características nutricionais ou condições de comparação estabelecidas nos estudos originais. Nos estudos de intervenção, foram consideradas as diferenças entre os grupos de intervenção e controle, conforme o delineamento de cada pesquisa.

O desfecho (O) compreendeu indicadores de saúde óssea, especialmente densidade mineral óssea, conteúdo mineral ósseo, osteopenia, osteoporose e ocorrência de fraturas por fragilidade. Também foram considerados indicadores complementares de avaliação óssea, respeitando-se as diferenças entre os métodos empregados.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE e Scientific Electronic Library Online (SciELO), selecionadas por sua relevância para a identificação de publicações científicas nas áreas de Nutrição, saúde e envelhecimento.

Foram utilizados termos relacionados aos principais componentes da pergunta de pesquisa, incluindo padrões alimentares, qualidade da dieta, nutrientes, saúde óssea, densidade mineral óssea, osteoporose e envelhecimento. Entre os termos empregados estiveram expressões em inglês como *dietary patterns*, *diet quality*, *nutrition*, *nutrient intake*, *bone health*, *bone mineral density*, *osteoporosis* e *aging*, combinadas por meio de operadores booleanos, especialmente AND e OR, conforme as características de cada base.

A estratégia de busca contemplou estudos publicados entre janeiro de 2016 e outubro de 2026, nos idiomas português, inglês e espanhol. A delimitação temporal teve como finalidade concentrar a análise em evidências publicadas na última década, considerando a evolução das pesquisas sobre alimentação e saúde óssea.

Os registros identificados nas bases de dados foram organizados para identificação de possíveis duplicatas e posterior avaliação de elegibilidade. A seleção dos estudos considerou inicialmente a análise dos títulos e resumos, seguida da leitura integral das publicações potencialmente pertinentes à pergunta norteadora. As estratégias de busca foram adaptadas às características de cada base de dados, utilizando combinações de descritores e termos livres relacionados à alimentação, ao envelhecimento e à saúde óssea.

Foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão para orientar a seleção dos estudos, considerando a pertinência à pergunta norteadora, as características da população investigada, as exposições nutricionais e os desfechos relacionados à saúde óssea.

Foram considerados elegíveis estudos originais, observacionais — incluindo delineamentos transversais, de caso-controle e de coorte — e estudos de intervenção, publicados entre janeiro de 2016 e outubro de 2026, nos idiomas português, inglês ou espanhol, com texto completo disponível para avaliação. A população de interesse compreendeu adultos com idade igual ou superior a 40 anos, incluindo homens e mulheres em diferentes fases do envelhecimento. Estudos com faixas etárias mais amplas poderiam ser incluídos quando apresentassem resultados específicos para participantes com 40 anos ou mais.

Quanto às exposições nutricionais, foram considerados estudos que investigaram padrões alimentares, índices de qualidade da dieta, potencial inflamatório da alimentação, consumo de grupos alimentares e ingestão de nutrientes relacionados à saúde óssea, incluindo cálcio, vitamina D, proteínas e outros nutrientes pertinentes. Também foram elegíveis estudos de intervenções alimentares que apresentassem desfechos ósseos relacionados à pergunta de pesquisa.

Em relação aos desfechos, foram priorizados estudos que avaliaram densidade mineral óssea (DMO), conteúdo mineral ósseo, osteopenia, osteoporose e fraturas por fragilidade ou de baixo impacto. A absorciometria por dupla energia de raios X (DXA) foi considerada o método de referência para a avaliação densitométrica (International Society for Clinical Densitometry, 2023). Estudos que utilizaram outros métodos de avaliação óssea, como a ultrassonografia quantitativa (QUS) e estimativas derivadas de bioimpedância elétrica (BIA), foram considerados para análise complementar, respeitando-se as limitações de cada instrumento. Esses métodos não foram considerados equivalentes à DXA, e seus resultados foram interpretados separadamente (International Society for Clinical Densitometry, 2023; Kamari et a., 2023).

Estudos sobre osteossarcopenia e condições combinadas envolvendo alterações ósseas, musculares e adiposas também foram considerados elegíveis quando apresentaram resultados específicos do componente ósseo, permitindo sua interpretação separadamente dos demais componentes. Indicadores bioquímicos de formação e reabsorção óssea foram considerados informações complementares, sem equivalência direta com medidas densitométricas ou ocorrência de fraturas.

Foram excluídos artigos de revisão, revisões sistemáticas, metanálises, editoriais, cartas ao editor, protocolos sem apresentação de resultados e estudos exclusivamente experimentais realizados em animais ou modelos celulares. Também foram excluídos estudos cuja população não atendesse à faixa etária estabelecida, sem apresentação de resultados específicos para o grupo de interesse, bem como pesquisas sem exposição nutricional pertinente ou sem indicadores ósseos compatíveis com a pergunta norteadora.

Estudos que apresentaram exclusivamente desfechos compostos de osteossarcopenia, sem possibilidade de identificação do componente ósseo, não foram considerados elegíveis. A indisponibilidade do texto completo após tentativas de obtenção também constituiu critério de exclusão, com registro da justificativa correspondente, quando aplicável.

A seleção dos estudos foi organizada em etapas sucessivas, iniciando-se pela identificação dos registros recuperados nas bases de dados. Após a organização das referências, realizou-se a verificação de possíveis duplicatas, a fim de evitar a contagem repetida de publicações.

Em seguida, procedeu-se à triagem dos títulos e resumos, considerando sua relação com a pergunta norteadora e os critérios de elegibilidade previamente definidos. Os estudos potencialmente relevantes foram encaminhados para avaliação do texto completo, etapa destinada à confirmação das características da população, das exposições nutricionais, dos métodos de avaliação óssea e dos desfechos apresentados.

Na avaliação dos textos completos, foram considerados os critérios de elegibilidade relacionados à faixa etária dos participantes, à exposição nutricional investigada e aos desfechos ósseos apresentados. Entre os motivos previstos para exclusão estavam a inadequação da população, a ausência de exposição nutricional pertinente, a incompatibilidade dos desfechos, a impossibilidade de identificar separadamente o componente ósseo e a indisponibilidade do texto integral. Após a avaliação de elegibilidade, 24 estudos originais compuseram a síntese principal da revisão, conforme apresentado no Quadro 1.

A seleção dos artigos foi orientada pelos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos, considerando a adequação da população, das exposições nutricionais e dos desfechos ósseos à pergunta norteadora. Para a apresentação dos resultados, os estudos que integram o núcleo da síntese foram organizados em um quadro descritivo, contendo autoria, ano de publicação, delineamento metodológico, população investigada, exposição nutricional e principais achados relacionados à saúde óssea. As limitações dos estudos e as diferenças entre os métodos de avaliação foram consideradas na interpretação das evidências.

A extração dos dados dos estudos selecionados foi estruturada por meio de uma matriz de caracterização, elaborada com a finalidade de sistematizar as informações relevantes de cada publicação e facilitar a organização dos resultados da revisão integrativa. Esse procedimento permitiu reunir dados referentes às características metodológicas dos estudos, às exposições nutricionais investigadas e aos indicadores utilizados para avaliação da saúde óssea.

Para cada estudo, foram registrados os seguintes elementos: autores e ano de publicação, país de realização, delineamento metodológico, tamanho e características da amostra, faixa etária dos participantes, exposição nutricional investigada, instrumentos utilizados para avaliação do consumo alimentar, métodos de avaliação da saúde óssea, desfechos analisados e principais resultados apresentados pelos autores.

As exposições nutricionais foram identificadas conforme sua natureza, abrangendo padrões alimentares, índices de qualidade da dieta, consumo de grupos alimentares e ingestão de nutrientes específicos. Em relação aos desfechos ósseos, foram registrados os indicadores de densidade mineral óssea, conteúdo mineral ósseo, osteopenia, osteoporose, fraturas por fragilidade e outras medidas pertinentes à pergunta norteadora.

Os métodos empregados para avaliação da saúde óssea foram identificados individualmente, incluindo absorciometria por dupla energia de raios X (DXA), ultrassonografia quantitativa óssea (QUS) e bioimpedância elétrica (BIA), quando utilizados nos estudos. Nos trabalhos sobre osteossarcopenia, foram registradas separadamente as informações relacionadas ao componente ósseo, quando disponíveis.

Os dados extraídos foram organizados em tabelas de caracterização e síntese, de modo a apresentar as informações dos estudos de maneira padronizada e permitir sua consulta durante as etapas posteriores da revisão. Essa organização constituiu a base para a avaliação crítica e a síntese das evidências, descritas no subtópico seguinte.

A avaliação crítica dos estudos examinados considerou as características metodológicas de cada investigação, incluindo delineamento, tamanho e composição da amostra, instrumentos de avaliação do consumo alimentar, métodos empregados para mensuração dos desfechos ósseos e controle de possíveis fatores de confusão. Também foram consideradas as limitações relatadas pelos autores e a correspondência entre os resultados apresentados e suas conclusões.

Na interpretação dos estudos observacionais, foram consideradas as limitações inerentes à identificação de associações, especialmente a impossibilidade de estabelecer relações de causalidade a partir de delineamentos transversais (Setia, 2016; Grimes; Schulz, 2002). Nos estudos de intervenção, foram examinadas a duração do acompanhamento, as características dos grupos comparados e a presença de intervenções concomitantes que pudessem influenciar os resultados ósseos.

Os métodos de avaliação da saúde óssea foram diferenciados conforme suas características. As medidas obtidas por absorciometria por dupla energia de raios X (DXA) foram distinguidas dos indicadores provenientes da ultrassonografia quantitativa óssea (QUS) e das estimativas derivadas de bioimpedância elétrica (BIA), sem considerá-los equivalentes. Os marcadores bioquímicos de remodelação óssea também foram interpretados como indicadores complementares, distintos das medidas densitométricas e da ocorrência de fraturas (Vasikaran et al., 2011; International Society for Clinical Densitometry, 2023).

A síntese das evidências foi organizada de forma descritiva e narrativa, contemplando estudos sobre nutrientes específicos, padrões alimentares e qualidade global da dieta. Foram examinados resultados estatisticamente significativos e não significativos, buscando identificar convergências, divergências e limitações na literatura analisada.

Na apresentação dos resultados, foi estabelecida uma distinção entre os estudos que avaliaram diretamente desfechos clínicos ou densitométricos relacionados à saúde óssea e as investigações que forneceram informações complementares sobre o metabolismo mineral e ósseo. Os estudos complementares foram utilizados para contextualizar os achados, sem considerar marcadores bioquímicos ou estimativas obtidas por métodos indiretos como equivalentes à densidade mineral óssea mensurada por DXA ou à ocorrência de fraturas.

Em razão da heterogeneidade entre os delineamentos metodológicos, as exposições nutricionais e os desfechos ósseos, não foi realizada metanálise. A interpretação priorizou a comparação crítica dos resultados, respeitando as particularidades de cada estudo e evitando atribuir relações causais a associações observacionais.

3 RESULTADOS

3.1 Caracterização dos estudos selecionados

A presente revisão integrativa reuniu 24 estudos originais que investigaram associações entre padrões alimentares, qualidade global da alimentação, ingestão de nutrientes específicos e indicadores de saúde óssea em adultos em processo de envelhecimento. As publicações compreenderam o período de 2016 a 2026, contemplando investigações conduzidas em diferentes contextos populacionais, incluindo Brasil, Estados Unidos e países da Europa e da Ásia.

Os estudos apresentaram diferentes delineamentos metodológicos, incluindo pesquisas transversais, estudos de caso-controle, coortes prospectivas, ensaios clínicos e análises secundárias de intervenções. Observou-se predominância de investigações observacionais, especialmente estudos transversais, embora também tenham sido identificadas pesquisas com acompanhamento longitudinal e avaliação de desfechos clínicos, como fraturas osteoporóticas.

As populações investigadas compreenderam adultos com idade igual ou superior a 40 anos, com expressiva participação de mulheres na pós-menopausa. Alguns estudos incluíram ambos os sexos, permitindo avaliar possíveis diferenças nas associações nutricionais conforme o sexo e a faixa etária. O tamanho das amostras variou amplamente, de 25 participantes, no estudo de Oselame et al. (2016), a mais de 70 mil participantes, na investigação de Sotos-Prieto et al. (2024).

Quanto às exposições nutricionais, foram identificados estudos que avaliaram índices de qualidade global da alimentação, padrões alimentares derivados de análises estatísticas, padrões de alimentação vegetal saudável e não saudável, dieta mediterrânea, consumo de alimentos ultraprocessados, potencial inflamatório da dieta e carga ácida alimentar. Também foram examinadas investigações sobre ingestão de proteínas, cálcio, magnésio, vitamina K, vitamina D, isoflavonas de soja e consumo de produtos lácteos (Cui et al., 2022; Platonova et aal., 2021; Guo et al., 2024; Wang B. et al., 2025).

Os desfechos analisados compreenderam densidade mineral óssea (DMO), osteopenia, osteoporose, fraturas osteoporóticas e marcadores bioquímicos de remodelação óssea. A absorciometria por dupla energia de raios X (DXA) foi utilizada em diferentes estudos para avaliação da DMO. Os marcadores bioquímicos foram considerados indicadores complementares, sem equivalência direta com a avaliação densitométrica ou a ocorrência de fraturas.

De maneira geral, foram observadas associações favoráveis entre determinados componentes da alimentação e indicadores de saúde óssea, embora os resultados não tenham sido uniformes. As diferenças entre os delineamentos, instrumentos de avaliação nutricional, populações e desfechos investigados limitaram a comparação direta dos resultados.

O Quadro 1 apresenta a caracterização dos 24 estudos selecionados, contemplando autoria e ano de publicação, delineamento metodológico, população investigada, exposição nutricional e principais achados relacionados à saúde óssea.

Quadro 1 – Caracterização dos estudos selecionados

Estudo	Delineamento e população	Exposição nutricional	Desfecho ósseo e principais achados
Alaghehband et al. (2025)	Coorte prospectiva; 14.220 finlandesas acompanhadas por até 25 anos.	Consumo de laticínios líquidos e queijo.	Maior consumo de laticínios líquidos associado a menor incidência de fraturas; associações variaram conforme o produto e o tipo de fratura.
Cui et al. (2022)	Coorte prospectiva; 48.584 chinesas na pós-menopausa.	Ingestão de cálcio, magnésio e isoflavonas de soja.	Associação inversa entre cálcio e fraturas em subgrupo com maior razão Ca/Mg. Resultados das isoflavonas variaram conforme o histórico de fraturas.
Destefani et al. (2021)	Transversal; 105 brasileiras idosas.	Qualidade global da dieta.	Pior qualidade alimentar associada a maiores marcadores de remodelação óssea (CTX e BSAP), sem diferença significativa na DMO.
Farshbaf-Khalili et al. (2023)	Transversal; 232 mulheres de 50–65 anos.	Carga ácida alimentar (PRAL e NEAP).	Maiores pontuações de PRAL (OR = 1,030) e NEAP (OR = 1,041) associadas a maiores chances de osteoporose avaliada por DXA.
Ghadiri et al. (2023)	Caso-controle; 262 iranianas de 45–65 anos, na pós-menopausa.	Alimentação vegetal geral (PDI), saudável (hPDI) e não saudável (uPDI).	Maior hPDI associado a menores chances de alteração da DMO femoral (OR = 0,30); maior uPDI associado a maiores chances (OR = 2,63).
Greatorex Brooks et al. (2025)	Transversal; 7.815 adultos norte-americanos ≥50 anos.	Consumo de ultraprocessados (NOVA).	Maior consumo associado a piores categorias de saúde óssea (OR = 1,52; IC 95%: 1,28–1,79), sem possibilidade de inferência causal.
Groenendijk et al. (2023)	Análise de quatro estudos com idosos ≥65 anos; 1.570 na análise transversal e 340 na longitudinal.	Proteínas totais, animais e vegetais.	Maior ingestão de proteínas totais e animais associada a maior DMO; intervenções de curta duração sem melhora significativa da DMO.
Guo et al. (2024)	Transversal; 5.075 adultos acima de 50 anos, NHANES.	Ingestão de vitamina K.	Associações entre maior ingestão de vitamina K e indicadores ósseos favoráveis, sobretudo em mulheres; resultados variaram conforme a região óssea.
Ilesanmi-Oyelere et al. (2020)	Transversal; 125 mulheres neozelandesas na pós-menopausa.	Padrões alimentares, incluindo padrão rico em leite.	Padrão rico em leite associado a melhor T-score lombar e menores chances de osteoporose; associação com DMO corporal total não significativa.
Kojima et al. (2023)	Coorte prospectiva; 1.429 japonesas na pós-menopausa, acompanhadas por aproximadamente 15 anos.	Consumo de leite, iogurte e queijo.	Consumo ≥2 copos de leite/dia associado a menor incidência de fraturas osteoporóticas (HR = 0,57; IC 95%: 0,35–0,92); sem associação significativa para iogurte e queijo.
Linton et al. (2024)	Transversal; 94 idosos de 65–85 anos.	Índice inflamatório da dieta (DII).	Ausência de associação estatisticamente significativa entre DII e DMO lombar ou femoral.
Liu et al. (2025)	Transversal; 9.466 adultos ≥50 anos, NHANES.	Alternative Healthy Eating Index (AHEI).	Maior AHEI associado a menores chances de osteoporose (OR = 0,55; IC 95%: 0,38–0,80).

Estudo	Delineamento e população	Exposição nutricional	Desfecho ósseo e principais achados
Morimoto et al. (2019)	Transversal; 2.269 brasileiros ≥40 anos.	Índice inflamatório da dieta (DII).	Não houve associação significativa entre DII e fraturas por baixo impacto.
Oselame et al. (2016)	Observacional; 25 brasileiras na pós-menopausa.	Ingestão de cálcio e proteínas.	Correlação negativa entre ingestão proteica e DMO femoral (r = −0,416; p < 0,05).
Platonova et al. (2021)	Coorte prospectiva; 12.794 japoneses de 40–74 anos.	Ingestão de cálcio, vitamina D e vitamina K.	Menores ingestões de cálcio e vitamina K associadas a maior incidência de fraturas em mulheres; resultados não significativos nos homens.
Reyes-García et al. (2018)	Ensaio clínico randomizado; 500 mulheres saudáveis na pós-menopausa.	Leite fortificado com cálcio e vitamina D.	Melhora do estado de vitamina D e alterações favoráveis em alguns indicadores ósseos; diferenças de DMO entre grupos exigem interpretação cautelosa.
Shin, Lee e Ly (2023)	Estudo observacional; 96 coreanas na pós-menopausa (45–69 anos).	Ingestão de cálcio e vitamina D; níveis séricos de 25(OH)D.	Maior DMO lombar no grupo com ingestão de cálcio e vitamina D acima das medianas em comparação ao grupo abaixo de ambas (p < 0,05); sem inferência causal.
Sotos-Prieto et al. (2024)	Coorte prospectiva; 70.285 americanas na pós-menopausa.	Índices de alimentação vegetal saudável e não saudável.	Exposição acumulada sem associação significativa com fratura de quadril; padrão saudável recente associado a menor risco e padrão não saudável recente a maior risco.
Vázquez-Lorente et al. (2025)	Análise secundária de ensaio randomizado; 924 adultos de 55–75 anos.	Dieta mediterrânea, restrição energética e atividade física.	Resultados favoráveis à DMO lombar, principalmente em mulheres; não é possível atribuir os efeitos exclusivamente à alimentação.
Wang, B. et al. (2025)	Transversal; 1.343 adultos ≥65 anos, NHANES.	Ingestão de magnésio.	Pequena associação positiva com DMO do colo femoral (β = 0,0020 g/cm² por 50 mg/dia; p = 0,042).
Wang, K. et al. (2024)	Transversal; 3.421 mulheres na pós-menopausa, NHANES.	Healthy Eating Index-2015 (HEI-2015).	Maior HEI-2015 associado a menores chances de osteoporose (OR = 0,48; IC 95%: 0,29–0,78), sem associação significativa com baixa DMO no desfecho separado.
Weaver et al. (2021)	Coorte prospectiva; 2.160 idosos, idade média de 73,5 anos.	Ingestão de proteínas.	Maior consumo proteico associado a maior DMO inicial e menor incidência de fraturas vertebrais; sem associação com mudanças longitudinais da DMO.
Yin et al. (2026)	Caso-controle; 500 chinesas na pós-menopausa.	Índice alimentar relacionado à microbiota intestinal (DI-GM).	DI-GM ≥6 associado a menores chances de osteoporose em comparação com pontuações de 0 a 3 (OR = 0,59; IC 95%: 0,36–0,97); análise contínua sem associação significativa.
Zhao et al. (2024)	Transversal; 17.489 chineses ≥40 anos.	Quatro padrões alimentares identificados por análise fatorial.	Associações entre determinados padrões e maior DMO; resultados relativos às fraturas foram heterogêneos conforme sexo e padrão alimentar.

Fonte: Elaboração dos autores (2026), com base nos estudos analisados.

Nota. DMO — densidade mineral óssea; DXA — absorciometria por dupla energia de raios X; OR — odds ratio; HR — hazard ratio; IC 95% — intervalo de confiança de 95%; PRAL — carga ácida renal potencial; NEAP — produção endógena líquida de ácidos; CTX — telopeptídeo C-terminal do colágeno tipo I; BSAP — fosfatase alcalina óssea específica; Ca/Mg — razão entre as ingestões de cálcio e magnésio; PDI — índice de alimentação baseada em vegetais; hPDI — índice de alimentação vegetal saudável; uPDI — índice de alimentação vegetal não saudável; HEI-2015 — índice de alimentação saudável de 2015; AHEI — índice alternativo de alimentação saudável; DII — índice inflamatório da dieta; DI-GM — índice alimentar relacionado à microbiota intestinal; 25(OH)D — 25-hidroxivitamina D.

3.2 Nutrientes específicos e metabolismo ósseo

As investigações sobre nutrientes específicos concentraram-se principalmente na ingestão de proteínas, cálcio, magnésio, vitamina K e vitamina D, além do consumo de alimentos que fornecem esses componentes, especialmente os produtos lácteos. Os resultados variaram conforme a população, o período de acompanhamento e o desfecho ósseo avaliado.

Oselame et al. (2016), ao investigarem 25 mulheres brasileiras na pós-menopausa, identificaram ingestão de cálcio inferior ao valor de referência adotado pelos autores e correlação negativa entre consumo proteico e DMO femoral ($r = -0{,}416$; $p < 0{,}05$). Entretanto, a amostra reduzida e o delineamento observacional limitaram a interpretação dos achados.

Resultados distintos foram encontrados por Weaver et al. (2021), em uma coorte de 2.160 idosos. Os autores observaram associação entre maior ingestão proteica e maior DMO na avaliação inicial, além de menor incidência de fraturas vertebrais. Contudo, não foi identificada associação significativa entre a ingestão proteica e a mudança longitudinal da DMO durante o acompanhamento.

De maneira semelhante, Groenendijk et al. (2023), ao analisarem dados de diferentes estudos envolvendo indivíduos com 65 anos ou mais, identificaram associação positiva entre ingestão proteica e DMO nas análises transversais. Entretanto, as intervenções examinadas, com duração de 12 a 24 semanas, não demonstraram efeitos significativos sobre a DMO, evidenciando diferenças entre associações observacionais e resultados de intervenções de curta duração.

Quanto ao cálcio e a outros componentes nutricionais, Cui et al. (2022) acompanharam 48.584 mulheres chinesas na pós-menopausa, investigando a ingestão de cálcio, magnésio e isoflavonas de soja. As associações identificadas variaram conforme a razão entre cálcio e magnésio na alimentação e o histórico de fraturas, indicando heterogeneidade dos resultados entre os subgrupos analisados.

Platonova et al. (2021), em uma coorte japonesa com 12.794 participantes de 40 a 74 anos, observaram associações entre menores ingestões de cálcio e vitamina K e maior ocorrência de fraturas osteoporóticas em mulheres. Essas associações não foram identificadas de maneira equivalente entre os homens.

Em outra investigação, Guo et al. (2024) analisaram dados de 5.075 adultos com mais de 50 anos participantes do National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). Os

resultados indicaram associações entre diferentes níveis de ingestão de vitamina K e indicadores de saúde óssea, com diferenças conforme o sexo e a região óssea avaliada.

Wang et al. (2025), ao avaliarem 1.343 adultos com 65 anos ou mais, identificaram associação positiva de pequena magnitude entre ingestão de magnésio e DMO do colo femoral (β = 0,0020 g/cm² para cada incremento de 50 mg/dia; p = 0,042). Os resultados apresentaram particularidades relacionadas ao sexo, indicando que a associação não foi uniforme entre os participantes.

Em relação aos produtos lácteos, Kojima et al. (2023) acompanharam 1.429 mulheres japonesas na pós-menopausa durante aproximadamente 15 anos. O consumo habitual de dois ou mais copos de leite por dia esteve associado a menor incidência de fraturas osteoporóticas em comparação ao consumo inferior a um copo por dia (HR = 0,57; IC 95%: 0,35–0,92). Não foram observadas associações estatisticamente significativas para o consumo de iogurte e queijo.

Alaghehband et al. (2025), em uma coorte de 14.220 mulheres finlandesas, também identificaram associação entre maior consumo de determinados produtos lácteos líquidos e menor incidência de fraturas durante o acompanhamento longitudinal. Entretanto, os resultados variaram conforme o tipo de produto lácteo e o desfecho analisado.

Reyes-García et al. (2018), em ensaio clínico randomizado, investigaram o consumo de leite fortificado com cálcio e vitamina D em mulheres na pós-menopausa. Após 24 meses, foi identificado aumento estatisticamente significativo da DMO do colo femoral no grupo agregado que recebeu leite com maiores concentrações desses nutrientes (p = 0,045). Entretanto, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na DMO entre esse grupo e o grupo de menor dose, limitando a demonstração de superioridade densitométrica da intervenção.

Shin, Lee e Ly (2023) avaliaram 96 mulheres coreanas na pós-menopausa e identificaram maior DMO lombar no grupo com ingestões de cálcio e vitamina D acima das respectivas medianas em comparação ao grupo com ambas abaixo das medianas (p < 0,05). A pesquisa também analisou as concentrações séricas de 25-hidroxivitamina D. Por seu caráter observacional e amostra reduzida, os achados não permitem concluir que o consumo desses nutrientes tenha causado o aumento da DMO nem demonstram redução de fraturas.

Em conjunto, os estudos demonstraram resultados heterogêneos. As associações envolvendo proteínas, cálcio, magnésio, vitamina K e produtos lácteos apresentaram diferenças

conforme a população e o desfecho avaliado, não permitindo estabelecer efeitos preventivos universais para nutrientes ou alimentos isolados.

3.3 Padrões alimentares globais e saúde óssea

Os estudos sobre padrões alimentares globais investigaram diferentes aspectos da qualidade da alimentação, incluindo índices de alimentação saudável, padrões vegetais, dieta mediterrânea, potencial inflamatório, carga ácida alimentar e consumo de ultraprocessados.

Wang et al. (2024), ao analisarem 3.421 mulheres norte-americanas na pós-menopausa, identificaram menores chances de osteoporose entre participantes com maiores pontuações no Healthy Eating Index-2015 (HEI-2015). Na comparação entre o maior e o menor tercil, observou-se OR = 0,48 (IC 95%: 0,29–0,78). Entretanto, não foi observada associação significativa com o desfecho separado de baixa DMO.

Liu et al. (2025) encontraram resultados semelhantes em 9.466 adultos norte-americanos com 50 anos ou mais. Os participantes com maiores pontuações no Alternative Healthy Eating Index (AHEI) apresentaram menores chances de osteoporose em comparação àqueles com menores pontuações (OR = 0,55; IC 95%: 0,38–0,80).

No contexto brasileiro, Destefani et al. (2021) identificaram associação entre pior qualidade alimentar e concentrações mais elevadas de marcadores bioquímicos de remodelação óssea em 105 mulheres idosas. Entretanto, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na DMO.

Entre os estudos que avaliaram padrões alimentares vegetais, Ghadiri et al. (2023) investigaram 262 mulheres iranianas na pós-menopausa. O maior tercil do índice de alimentação vegetal saudável (hPDI) esteve associado a menores chances de alterações densitométricas femorais (OR = 0,30; IC 95%: 0,15–0,58), enquanto o maior tercil do índice de alimentação vegetal não saudável (uPDI) apresentou associação com maiores chances dessas alterações (OR = 2,63; IC 95%: 1,37–5,06).

Sotos-Prieto et al. (2024), em uma coorte de 70.285 mulheres norte-americanas na pós-menopausa, investigaram a qualidade da alimentação baseada em vegetais e sua associação com fraturas de quadril. As análises de exposição acumulada não demonstraram associações significativas. Entretanto, avaliações da alimentação mais recente identificaram associação inversa entre o padrão vegetal saudável e o risco de fratura, enquanto o padrão vegetal não saudável apresentou associação em direção contrária.

Ilesanmi-Oyelere et al. (2020), ao avaliarem 125 mulheres neozelandesas na pós-menopausa, observaram associação entre um padrão alimentar caracterizado pelo consumo de leite e indicadores favoráveis de saúde óssea, incluindo T-score lombar. Entretanto, não foi identificada associação significativa com a DMO corporal total.

Zhao et al. (2024), em estudo com 17.489 adultos chineses com idade igual ou superior a 40 anos, identificaram associações entre determinados padrões alimentares, DMO e histórico de fraturas. Os resultados não foram uniformes entre os padrões investigados e apresentaram diferenças conforme o sexo e o desfecho ósseo avaliado.

Outra dimensão da alimentação foi investigada por Greatorex Brooks et al. (2025), em estudo transversal com 7.815 adultos norte-americanos com 50 anos ou mais. O maior quintil de consumo de alimentos ultraprocessados, classificados pelo sistema NOVA, apresentou maiores chances de pertencer a categorias ósseas desfavoráveis em comparação ao menor quintil (OR = 1,52; IC 95%: 1,28–1,79). Entre mulheres, também foi identificada associação entre a proporção de ultraprocessados na alimentação e histórico autorreferido de fraturas, não observada entre os homens.

Quanto ao potencial inflamatório da alimentação, Morimoto et al. (2019), ao avaliarem 2.269 brasileiros com 40 anos ou mais, não identificaram associação estatisticamente significativa entre o Dietary Inflammatory Index (DII) e fraturas por baixo impacto.

Resultado semelhante foi observado por Linton et al. (2024), em investigação com 94 idosos de 65 a 85 anos, na qual não foram identificadas associações estatisticamente significativas entre DII e DMO lombar ou femoral.

Farshbaf-Khalili et al. (2023) investigaram a carga ácida alimentar em 232 mulheres na pós-menopausa, utilizando os indicadores PRAL e NEAP. Após ajuste estatístico, maiores pontuações de ambos os índices estiveram associadas a maiores chances de osteoporose, com OR = 1,030 (IC 95%: 1,001–1,060) para PRAL e OR = 1,041 (IC 95%: 1,003–1,081) para NEAP.

Yin et al. (2026), ao investigarem 500 mulheres chinesas na pós-menopausa, observaram que o índice alimentar relacionado à microbiota intestinal (DI-GM), analisado como variável contínua, não apresentou associação estatisticamente significativa com osteoporose. Entretanto, pontuações iguais ou superiores a seis estiveram associadas a menores chances da doença em comparação com pontuações de 0 a 3 (OR = 0,59; IC 95%: 0,36–0,97).

Em relação à dieta mediterrânea, Vázquez-Lorente et al. (2025) avaliaram 924 adultos espanhóis de 55 a 75 anos em análise secundária do ensaio clínico PREDIMED-Plus. Após três

anos, foram identificadas diferenças favoráveis à intervenção na evolução da DMO lombar, especialmente entre mulheres. Entretanto, a intervenção incluiu restrição energética, atividade física e acompanhamento comportamental, impossibilitando atribuir os efeitos exclusivamente à alimentação.

Os resultados demonstraram que diferentes características da alimentação estiveram associadas a indicadores ósseos favoráveis ou desfavoráveis, embora também tenham sido identificadas associações não significativas. As diferenças entre índices alimentares, métodos de avaliação e delineamentos limitaram a comparação direta dos achados.

4 DISCUSSÃO

Os resultados desta revisão integrativa evidenciaram que a relação entre alimentação e saúde óssea durante o envelhecimento envolve diferentes componentes nutricionais e comportamentais. Foram identificadas associações favoráveis entre determinados padrões alimentares e indicadores de saúde óssea, mas os achados não foram uniformes entre as populações e os desfechos investigados.

A inclusão de estudos transversais, caso-controle, coortes prospectivas e intervenções permitiu examinar diferentes dimensões dessa associação. Entretanto, a predominância de estudos observacionais e a heterogeneidade das exposições nutricionais dificultam a formulação de conclusões causais.

4.1 Integração entre nutrientes e qualidade global da alimentação

A avaliação da alimentação como um conjunto de componentes apresenta relevância para a compreensão das associações entre nutrição e saúde óssea. Diferentemente da análise isolada de nutrientes, os índices de qualidade alimentar permitem representar características mais amplas da alimentação habitual, incluindo combinações de alimentos e padrões de consumo (Hu, 2002).

Wang et al. (2024) e Liu et al. (2025) identificaram menores chances de osteoporose entre participantes com maiores pontuações nos índices HEI-2015 e AHEI, respectivamente. Esses achados sugerem que características gerais de uma alimentação considerada saudável podem estar relacionadas a indicadores ósseos mais favoráveis.

Entretanto, tais associações não demonstram que determinado componente alimentar seja responsável pelos resultados. Indivíduos com maior qualidade da alimentação podem

apresentar diferenças em atividade física, composição corporal, condições socioeconômicas e outros fatores relacionados à saúde óssea, mesmo quando as análises estatísticas procuram controlar possíveis confundidores (Grimes; Schulz, 2002).

A investigação de Destefani et al. (2021) acrescenta uma perspectiva complementar. Embora a pior qualidade da alimentação tenha apresentado associação com maiores concentrações de marcadores bioquímicos de remodelação óssea, não foram identificadas diferenças significativas na DMO. Esse resultado evidencia que indicadores de atividade metabólica óssea e medidas densitométricas não representam necessariamente o mesmo fenômeno.

De maneira semelhante, os resultados de Ghadiri et al. (2023) e Sotos-Prieto et al. (2024) destacam a importância de distinguir a qualidade dos alimentos vegetais consumidos. No estudo caso-controle iraniano, a alimentação vegetal saudável apresentou associação favorável com alterações densitométricas, enquanto o padrão vegetal não saudável apresentou associação desfavorável. Na coorte norte-americana, entretanto, as associações variaram conforme a forma de avaliação temporal da alimentação.

Essa diferença indica que os resultados dependem não apenas do tipo de padrão alimentar investigado, mas também da maneira como a exposição nutricional é definida e medida. Assim, não é adequado considerar todas as alimentações baseadas em vegetais como equivalentes em relação à saúde óssea.

Os achados de Zhao et al. (2024) também demonstram a complexidade dessas relações, uma vez que determinadas associações com DMO não corresponderam necessariamente a resultados equivalentes para fraturas. A interpretação deve, portanto, considerar o desfecho específico investigado.

Dessa forma, a análise integrada da alimentação contribui para ampliar a compreensão da associação entre nutrição e saúde óssea, mas não substitui a necessidade de avaliar a adequação dos nutrientes e as características individuais das populações.

4.2 O papel da proteína, minerais e produtos lácteos no envelhecimento

A ingestão proteica representa um aspecto relevante da saúde musculoesquelética, considerando sua participação na manutenção da massa muscular e da matriz orgânica óssea (Rizzoli; Biver; Brennan-Speranza, 2021). Entretanto, os estudos selecionados apresentaram

resultados distintos quanto à associação entre consumo de proteínas e indicadores de saúde óssea.

Oselame et al. (2016) identificaram correlação negativa entre ingestão proteica e DMO femoral em uma pequena amostra de mulheres na pós-menopausa. Em contraste, Weaver et al. (2021) observaram associação positiva entre maior ingestão proteica e DMO inicial, além de menor incidência de fraturas vertebrais, em uma coorte de idosos.

Groenendijk et al. (2023) também encontraram associações favoráveis nas análises transversais, mas não demonstraram efeitos significativos sobre a DMO nas intervenções de curta duração examinadas.

Essas divergências podem estar relacionadas às diferenças entre as populações, ao consumo concomitante de outros nutrientes, ao estado nutricional e aos métodos de avaliação. Particularmente, a ausência de mudanças significativas na DMO em intervenções de curta duração não exclui a possibilidade de associações observadas em períodos mais prolongados.

Diante disso, não é possível concluir, a partir dos estudos selecionados, que o consumo proteico apresente efeito exclusivamente prejudicial ou protetor sobre a saúde óssea. Também não é possível estabelecer uma quantidade ideal de proteínas para prevenção de osteoporose com base apenas nessas investigações.

Em relação aos minerais e vitaminas, Cui et al. (2022), Platonova et al. (2021), Guo et al. (2024), Wang et al. (2025) e Shin, Lee e Ly (2023) identificaram associações envolvendo ingestão de cálcio, magnésio, vitamina K e vitamina D. No estudo de Shin, maiores ingestões conjuntas de cálcio e vitamina D se associaram a maior DMO lombar em comparações específicas, sem estabelecer causalidade. Entretanto, os resultados variaram conforme sexo, ingestão concomitante de outros nutrientes e desfechos avaliados.

Esses achados indicam a importância de considerar o contexto nutricional global, sem interpretar associações observacionais como demonstração de efeitos preventivos isolados.

Os estudos sobre produtos lácteos também acrescentaram evidências relevantes. Kojima et al. (2023) e Alaghehband et al. (2025) identificaram associações entre o consumo de determinados produtos lácteos e menor incidência de fraturas em coortes de mulheres.

A natureza longitudinal dessas investigações representa uma vantagem em relação aos estudos transversais, pois permite avaliar a ocorrência de desfechos após a mensuração da exposição alimentar. Entretanto, o delineamento observacional ainda não elimina a possibilidade de confundimento residual (Grimes; Schulz, 2002).

Além disso, os resultados não foram uniformes entre os diferentes derivados lácteos. No estudo japonês, o consumo de leite apresentou associação com menor incidência de fraturas, enquanto iogurte e queijo não demonstraram associações estatisticamente significativas.

Em contrapartida, Reyes-García et al. (2018), em ensaio clínico randomizado com leite fortificado com cálcio e vitamina D, não identificaram diferenças significativas de DMO entre os grupos que permitissem demonstrar superioridade densitométrica da intervenção.

Esses resultados reforçam a necessidade de distinguir a associação entre consumo alimentar habitual e ocorrência de fraturas dos efeitos diretamente atribuíveis a intervenções nutricionais.

Portanto, as evidências sugerem que proteínas, minerais e alimentos fontes desses nutrientes devem ser considerados na avaliação nutricional de adultos em envelhecimento, mas não sustentam recomendações preventivas específicas baseadas exclusivamente nos resultados desta revisão.

4.3 Qualidade da alimentação, ultraprocessados, potencial inflamatório e carga ácida

A qualidade global da alimentação, o consumo de ultraprocessados, o potencial inflamatório e a carga ácida alimentar representam dimensões distintas da exposição nutricional. Embora possam compartilhar determinados componentes alimentares, seus instrumentos e critérios de classificação não são equivalentes (Monteiro et al., 2019; Shivappa et al., 2014; Remer; Manz, 1995; Frassetto et al., 1998).

Greatorex Brooks et al. (2025) identificaram maiores chances de categorias ósseas desfavoráveis entre indivíduos com maior participação de alimentos ultraprocessados na ingestão energética diária. O resultado foi observado em adultos com 50 anos ou mais, utilizando dados do NHANES.

Essa associação é relevante para a investigação da qualidade alimentar, mas não demonstra que os ultraprocessados tenham provocado diretamente a redução da massa óssea. Além disso, a utilização de recordatórios de 24 horas e o delineamento transversal limitam a avaliação da alimentação habitual e da sequência temporal entre exposição e desfecho (Setia, 2016).

Em contraste, Wang et al. (2024) e Liu et al. (2025) identificaram menores chances de osteoporose entre participantes com maiores pontuações em índices de alimentação saudável. Embora os resultados apresentem direções compatíveis com a importância da qualidade global

da dieta, não é possível considerar os diferentes índices alimentares como medidas equivalentes nem comparar diretamente seus efeitos.

Quanto ao potencial inflamatório, Morimoto et al. (2019) e Linton et al. (2024) não identificaram associações estatisticamente significativas entre o Dietary Inflammatory Index e os desfechos ósseos avaliados.

Esses resultados demonstram que associações favoráveis observadas em estudos sobre qualidade alimentar não podem ser atribuídas automaticamente a mecanismos inflamatórios. Além disso, os dois estudos apresentaram diferenças importantes quanto ao tamanho da amostra e aos desfechos, com avaliação de fraturas no estudo brasileiro e de DMO na investigação com idosos.

Farshbaf-Khalili et al. (2023), por sua vez, identificaram associações entre maiores índices de carga ácida alimentar e maiores chances de osteoporose em mulheres na pós-menopausa. Apesar da significância estatística, os efeitos estimados por unidade dos indicadores foram de pequena magnitude e devem ser interpretados conforme a escala de cada índice.

A relação entre carga ácida alimentar e saúde óssea permanece sujeita a limitações metodológicas, especialmente porque os índices PRAL e NEAP são estimativas derivadas da composição da alimentação, não medições diretas de perda óssea (Remer; Manz, 1995; Frassetto et al., 1998). Assim, os resultados não permitem afirmar que uma alimentação com maior carga ácida seja, isoladamente, responsável pelo desenvolvimento de osteoporose.

A intervenção investigada por Vázquez-Lorente et al. (2025) acrescenta uma dimensão importante à discussão. Os resultados favoráveis observados para a DMO lombar ocorreram no contexto de uma intervenção multifatorial que associou dieta mediterrânea com restrição energética, atividade física e acompanhamento comportamental.

Consequentemente, os resultados não podem ser atribuídos exclusivamente à dieta mediterrânea, embora demonstrem o potencial de estratégias integradas de estilo de vida na investigação da manutenção óssea durante o envelhecimento.

Outra perspectiva foi apresentada por Yin et al. (2026), que investigaram um índice alimentar relacionado à microbiota intestinal. A associação encontrada apenas em determinadas categorias do índice sugere possível relação entre características alimentares e saúde óssea, mas não confirma que alterações da microbiota tenham mediado os resultados, uma vez que essa relação não foi diretamente demonstrada.

Em conjunto, as evidências analisadas sugerem que a qualidade global da alimentação constitui um componente relevante na investigação da saúde óssea em adultos em processo de envelhecimento. Entretanto, as associações não foram uniformes entre os diferentes índices e desfechos.

A predominância de pesquisas observacionais, as diferenças metodológicas e a possibilidade de confundimento residual limitam as inferências causais. Dessa forma, estudos longitudinais adicionais e intervenções controladas são necessários para esclarecer o papel específico dos padrões alimentares, dos nutrientes e de suas possíveis interações sobre a densidade mineral óssea e a ocorrência de fraturas.

5 CONCLUSÃO

A presente revisão integrativa da literatura permitiu analisar as associações entre padrões alimentares, ingestão de nutrientes específicos e indicadores de saúde óssea em adultos em processo de envelhecimento, com base em 24 estudos científicos originais. Os resultados evidenciaram que a relação entre alimentação e saúde óssea apresenta caráter multifatorial, sendo influenciada por características nutricionais, hormonais, metabólicas e comportamentais, além das diferenças metodológicas entre as investigações.

Em relação aos padrões alimentares, maiores pontuações em índices de qualidade da dieta e maior adesão a padrões alimentares vegetais saudáveis estiveram associadas a indicadores ósseos favoráveis em determinadas populações. Em contrapartida, o maior consumo de alimentos ultraprocessados, a adesão a padrões vegetais não saudáveis e maiores índices de carga ácida alimentar apresentaram associações com desfechos ósseos desfavoráveis. Entretanto, os resultados não foram uniformes para todos os padrões investigados, especialmente nas análises sobre potencial inflamatório da dieta, densidade mineral óssea e ocorrência de fraturas.

Quanto aos nutrientes específicos, os estudos sobre proteínas, cálcio, magnésio, vitamina K e vitamina D apresentaram resultados heterogêneos. Uma investigação com mulheres na pós-menopausa identificou associação entre ingestões mais elevadas de cálcio e vitamina D e maior DMO lombar em comparações específicas, sem comprovar efeito preventivo. As investigações longitudinais identificaram associações entre o consumo de determinados produtos lácteos e menor incidência de fraturas osteoporóticas, enquanto os estudos sobre ingestão proteica apresentaram resultados divergentes. Essas diferenças evidenciam a necessidade de considerar

o contexto alimentar global e as características individuais, não sendo possível estabelecer, a partir das evidências analisadas, efeitos preventivos universais ou quantidades ideais de nutrientes destinadas especificamente à prevenção da osteoporose.

As principais limitações das evidências compreenderam a predominância de estudos observacionais, a heterogeneidade dos instrumentos de avaliação alimentar e óssea, a maior representação de mulheres na pós-menopausa e a possibilidade de fatores de confusão residuais. Além disso, embora uma intervenção multifatorial envolvendo dieta mediterrânea e atividade física tenha apresentado resultados favoráveis à densidade mineral óssea lombar, não foi possível atribuir os efeitos exclusivamente à alimentação. Essas limitações restringem a generalização dos achados e reforçam a necessidade de estudos longitudinais e ensaios clínicos controlados, com populações diversificadas e desfechos ósseos bem definidos.

Conclui-se que a qualidade global da alimentação e a adequação da ingestão de nutrientes envolvidos no metabolismo ósseo representam aspectos relevantes para a atenção nutricional de adultos e idosos. Nesse contexto, destaca-se a importância da atuação do nutricionista na avaliação individualizada do consumo alimentar, considerando as necessidades nutricionais e os demais fatores associados à saúde óssea. Contudo, as evidências examinadas não permitem afirmar que determinado padrão alimentar, alimento ou nutriente, isoladamente, seja capaz de prevenir a osteopenia, a osteoporose ou as fraturas por fragilidade.

REFERÊNCIAS

ALAGHEHBAND, F. R.; LYYTINEN, A. T.; ISANEJAD, M.; KOPRA, J.; KRÖGER, H.; RIKKONEN, T. Long-term consumption of liquid dairy products predicts lower fracture risk in aging women: a 25-year follow-up. **European Journal of Nutrition**, v. 64, n. 5, artigo 213, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s00394-025-03709-7.

COMPSTON, J. E.; MCCLUNG, M. R.; LESLIE, W. D. Osteoporosis. The Lancet, v. 393, n. 10169, p. 364–376, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32112-3.

CUI, Y.; CAI, H.; GAO, Y.; DAI, Q.; YANG, G.; ZHENG, W.; SHU, X.-O. Associations of dietary intakes of calcium, magnesium and soy isoflavones with osteoporotic fracture risk in postmenopausal women: a prospective study. **Journal of Nutritional Science**, v. 11, e62, 2022. DOI: https://doi.org/10.1017/jns.2022.52.

DESTEFANI, S. A.; KUROKAWA, C. S.; RODRIGUES, S. A.; CORRENTE, J. E.; PADOVANI, C. R.; PAIVA, S. A. R. de; MAZETO, G. M. F. da S. Is there a relationship between diet quality and bone health in elderly women? A cross-sectional study. **Archives of Endocrinology and Metabolism**, v. 65, n. 5, p. 609–616, 2021. DOI: https://doi.org/10.20945/2359-3997000000394.

FARSHBAF-KHALILI, A.; OSTADRAHIMI, A.; HERIS, J. A.; SARRAFI, S.; MOHAMMADISIMA, N. Dietary acid load is associated with primary osteoporosis in postmenopausal women aged 50–65 years: a cross-sectional study. **Food Science & Nutrition**, v. 11, n. 2, p. 668–676, 2023. DOI: https://doi.org/10.1002/fsn3.3102.

FRASSETTO, L. A.; TODD, K. M.; MORRIS, R. C.; SEBASTIAN, A. Estimation of net endogenous noncarbonic acid production in humans from diet potassium and protein contents. The American Journal of Clinical Nutrition, v. 68, n. 3, p. 576–583, 1998. DOI: https://doi.org/10.1093/ajcn/68.3.576.

GHADIRI, M.; CHESHMAZAR, E.; SHATERI, Z.; GERAMI, S.; NOURI, M.; GARGARI, B. P. Healthy plant-based diet index as a determinant of bone mineral density in osteoporotic postmenopausal women: a case-control study. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, artigo 1083685, 2023. DOI: https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1083685.

GREATOREX BROOKS, E. L.; TANGNEY, C. C.; RITZ, E. M. Ultra-processed food intake and prevalence of osteoporosis in US adults aged 50 years and older: a cross-sectional analysis. **Osteoporosis International**, v. 36, n. 3, p. 455–464, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s00198-025-07394-4.

GRIMES, D. A.; SCHULZ, K. F. Bias and causal associations in observational research. The Lancet, v. 359, n. 9302, p. 248–252, 2002. DOI: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)07451-2.

GROENENDIJK, I.; GROOTSWAGERS, P.; SANTORO, A.; FRANCESCHI, C.; BAZZOCCHI, A.; MEUNIER, N.; CAILLE, A.; MALPUECH-BRUGERE, C.; BIALECKA-DEBEK, A.; PIETRUSZKA, B.; FAIRWEATHER-TAIT, S.; JENNINGS, A.; GROOT, L. C. P. G. M. de. Protein intake and bone mineral density: cross-sectional relationship and longitudinal effects in older adults. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 14, n. 1, p. 116–125, 2023. DOI: https://doi.org/10.1002/jcsm.13111.

GUO, J.; ZHOU, Z.; GONG, J.; HU, W.; LIU, Y. Vitamin K intake levels are associated with bone health in people aged over 50 years: a NHANES-based survey. **Frontiers in Medicine**, v. 11, artigo 1485095, 2024. DOI: https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1485095.

HU, F. B. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology. Current Opinion in Lipidology, v. 13, n. 1, p. 3–9, 2002. DOI: https://doi.org/10.1097/00041433-200202000-00002.

ILESANMI-OYELERE, B. L.; COAD, J.; ROY, N. C.; KRUGER, M. C. Dietary patterns, body composition, and bone health in New Zealand postmenopausal women. **Frontiers in Nutrition**, v. 7, artigo 563689, 2020. DOI: https://doi.org/10.3389/fnut.2020.563689.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR CLINICAL DENSITOMETRY. Text-based official adult positions. 2023. Disponível em: https://iscd.org/text-based-official-adult-positions/. Acesso em: 10 nov. 2026.

KAMARI, N.; FATEH, H. L.; PASDAR, Y.; REZAEIAN, S.; SHAKIBA, E.; NAJAFI, F. Bone mineral density and muscle mass associated with healthy eating index in postmenopausal

women; results from RaNCD cohort study. **BMC Women's Health**, v. 23, n. 1, artigo 615, 2023. DOI: https://doi.org/10.1186/s12905-023-02774-6.

KOJIMA, A.; KAMIYA, K.; KAJITA, E.; TACHIKI, T.; SATO, Y.; KOUDA, K.; UENISHI, K.; TAMAKI, J.; KAGAMIMORI, S.; IKI, M. Association between dairy product intake and risk of osteoporotic fractures in postmenopausal Japanese women: secondary analysis of 15-year follow-up data from the Japanese Population-Based Osteoporosis (JPOS) Cohort Study. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, v. 27, n. 3, p. 228–237, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s12603-023-1898-1.

LINTON, C.; SCHAUMBERG, M. A.; WRIGHT, H. H. Dietary inflammatory index is not associated with bone mineral density in functionally able community-dwelling older adults. **European Journal of Nutrition**, v. 63, n. 8, p. 3195–3205, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s00394-024-03500-0.

LIU, H.; YUE, X.; CUI, X.; WEI, W.; WANG, S. Association of the Alternative Healthy Eating Index with osteoporosis and muscle mass among U.S. adults aged 50 years and older. **Nutrición Hospitalaria**, v. 42, n. 6, p. 1258–1268, 2025. DOI: https://doi.org/10.20960/nh.05989.

MONTEIRO, C. A.; CANNON, G.; LEVY, R. B.; MOUBARAC, J.-C.; LOUZADA, M. L. C.; RAUBER, F.; KHANDPUR, N.; CEDIEL, G.; NERI, D.; MARTINEZ-STEELE, E.; BARALDI, L. G.; JAIME, P. C. Ultra-processed foods: what they are and how to identify them. Public Health Nutrition, v. 22, n. 5, p. 936–941, 2019. DOI: https://doi.org/10.1017/S1368980018003762.

MORGAN, R. L.; WHALEY, P.; THAYER, K. A.; SCHÜNEMANN, H. J. Identifying the PECO: a framework for formulating good questions to explore the association of environmental and other exposures with health outcomes. Environment International, v. 121, parte 1, p. 1027–1031, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.07.015.

MORIMOTO, M.; SHIVAPPA, N.; GENARO, P. de S.; MARTINI, L. A.; SCHUCH, N. J.; HEBERT, J. R.; PINHEIRO, M. M. Lack of association between dietary inflammatory index and low impact fractures in the Brazilian population: the Brazilian Osteoporosis Study (BRAZOS). **Advances in Rheumatology**, v. 59, n. 1, artigo 16, 2019. DOI: https://doi.org/10.1186/s42358-019-0059-7.

OSELAME, C. da S.; MATOS, O. de; OSELAME, G. B.; NEVES, E. B. Análise da ingestão de calorias totais, cálcio e proteínas e sua relação na densidade mineral óssea em mulheres pós-menopáusicas. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 19, n. 4, p. 653–660, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/1809-98232016019.150127.

PLATONOVA, K.; KITAMURA, K.; WATANABE, Y.; TAKACHI, R.; SAITO, T.; KABASAWA, K.; TAKAHASHI, A.; KOBAYASHI, R.; OSHIKI, R.; SOLOVEV, A.; IKI, M.; TSUGANE, S.; SASAKI, A.; YAMAZAKI, O.; WATANABE, K.; NAKAMURA, K. Dietary calcium and vitamin K are associated with osteoporotic fracture risk in middle-aged and elderly Japanese women, but not men: the Murakami Cohort Study. **British Journal of Nutrition**, v. 125, n. 3, p. 319–328, 2021. DOI: https://doi.org/10.1017/S0007114520001567.

REMER, T.; MANZ, F. Potential renal acid load of foods and its influence on urine pH. Journal of the American Dietetic Association, v. 95, n. 7, p. 791–797, 1995. DOI: https://doi.org/10.1016/S0002-8223(95)00219-7.

REYES-GARCIA, R.; MENDOZA, N.; PALACIOS, S.; SALAS, N.; QUESADA-CHARNECO, M.; GARCIA-MARTIN, A.; FONOLLA, J.; LARA-VILLOSLADA, F.; MUÑOZ-TORRES, M. Effects of daily intake of calcium and vitamin D-enriched milk in healthy postmenopausal women: a randomized, controlled, double-blind nutritional study. **Journal of Women's Health**, v. 27, n. 5, p. 561–568, 2018. DOI: https://doi.org/10.1089/jwh.2017.6655.

RIZZOLI, R.; BIVER, E.; BRENNAN-SPERANZA, T. C. Nutritional intake and bone health. The Lancet Diabetes & Endocrinology, v. 9, n. 9, p. 606–621, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/S2213-8587(21)00119-4.

SETIA, M. S. Methodology series module 3: cross-sectional studies. Indian Journal of Dermatology, v. 61, n. 3, p. 261–264, 2016. DOI: https://doi.org/10.4103/0019-5154.182410.

SHIN, H. R.; LEE, Y. J.; LY, S. Y. Optimal serum 25(OH)D levels and vitamin D intake in Korean postmenopausal women. **Nutrients**, v. 15, n. 8, artigo 1856, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/nu15081856.

SHIVAPPA, N.; STECK, S. E.; HURLEY, T. G.; HUSSEY, J. R.; HÉBERT, J. R. Designing and developing a literature-derived, population-based dietary inflammatory index. Public Health Nutrition, v. 17, n. 8, p. 1689–1696, 2014. DOI: https://doi.org/10.1017/S1368980013002115.

SOTOS-PRIETO, M.; RODRIGUEZ-ARTALEJO, F.; FUNG, T. T.; MEYER, H. E.; HU, F. B.; WILLETT, W. C.; BHUPATHIRAJU, S. N. Plant-based diets and risk of hip fracture in postmenopausal women. **JAMA Network Open**, v. 7, n. 2, artigo e241107, 2024. DOI: https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.1107.

VASIKARAN, S.; EASTELL, R.; BRUYÈRE, O.; FOLDES, A. J.; GARNERO, P.; GRIESMACHER, A.; MCCLUNG, M.; MORRIS, H. A.; SILVERMAN, S.; TRENTI, T.; WAHL, D. A.; COOPER, C.; KANIS, J. A.; IOF-IFCC BONE MARKER STANDARDS WORKING GROUP. Markers of bone turnover for the prediction of fracture risk and monitoring of osteoporosis treatment: a need for international reference standards. Osteoporosis International, v. 22, n. 2, p. 391–420, 2011. DOI: https://doi.org/10.1007/s00198-010-1501-1.

VÁZQUEZ-LORENTE, H.; GARCÍA-GAVILÁN, J. F.; SHYAM, S.; KONIECZNA, J.; MARTÍNEZ, J. A.; MARTÍN-SÁNCHEZ, V.; FITÓ, M.; RUIZ-CANELA, M.; PAZ-GRANIEL, I.; CURTO, A.; MARTINEZ-URBISTONDO, D.; PAZ FERNÁNDEZ, J. A. de; ROMAGUERA, D.; BABIO, N.; SALAS-SALVADÓ, J. Mediterranean diet, physical activity, and bone health in older adults: a secondary analysis of a randomized clinical trial. **JAMA Network Open**, v. 8, n. 4, artigo e253710, 2025. DOI: https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2025.3710.

WANG, B.; TAN, X.; YAO, X.; ZHU, Z. Sex-specific differences in the association of magnesium intake with femoral neck bone mineral density among older adults. **Endocrine Connections**, v. 14, n. 8, artigo e250020, 2025. DOI: https://doi.org/10.1530/EC-25-0020.

WANG, K.; WU, J.; DENG, M.; TAO, F.; LI, Q.; LUO, X.; XIA, F. Associations of healthy eating index-2015 with osteoporosis and low bone mass density in postmenopausal women: a population-based study from NHANES 2007–2018. **Frontiers in Nutrition**, v. 11, artigo 1388647, 2024. DOI: https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1388647.

WEAVER, A. A.; TOOZE, J. A.; CAULEY, J. A.; BAUER, D. C.; TYLAVSKY, F. A.; KRITCHEVSKY, S. B.; HOUSTON, D. K. Effect of dietary protein intake on bone mineral density and fracture incidence in older adults in the Health, Aging, and Body Composition Study. **The Journals of Gerontology: Series A**, v. 76, n. 12, p. 2213–2222, 2021. DOI: https://doi.org/10.1093/gerona/glab068.

WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. The integrative review: updated methodology. Journal of Advanced Nursing, v. 52, n. 5, p. 546–553, 2005. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Ageing and health. 1 Oct. 2025. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health. Acesso em: 10 nov. 2026.

YIN, X.; GUAN, Y.; HUANG, W. Dietary index for gut microbiota and osteoporosis risk in Chinese postmenopausal women: a case–control study. **International Journal of Women's Health**, v. 18, artigo 581555, 2026. DOI: https://doi.org/10.2147/IJWH.S581555.

ZHAO, N.; YIN, X.; CHEN, L.; TANG, S.; LIN, H.; CUI, L.; JIN, X.; XIE, Z.; JIANG, N.; CUI, L.; YU, W.; CUMMINGS, S. R.; WANG, L.; XIA, W. Associations of different dietary patterns, bone mineral density, and fracture risk among elderly women: the China Osteoporosis Prevalence Study. **Frontiers in Endocrinology**, v. 15, artigo 1378158, 2024. DOI: https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1378158.