



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

JULIO CESAR DA COSTA

**ATIVIDADE FÍSICA, COMPORTAMENTO SEDENTÁRIO E
INDICADORES DE SAÚDE ÓSSEA EM ADULTOS JOVENS:
UM ESTUDO LONGITUDINAL**

Londrina
2024

JULIO CESAR DA COSTA

**ATIVIDADE FÍSICA, COMPORTAMENTO SEDENTÁRIO E
INDICADORES DE SAÚDE ÓSSEA EM ADULTOS JOVENS:
UM ESTUDO LONGITUDINAL**

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM-UEL, do Centro de Educação Física e Esportes da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque

Coorientadora: Prof. Dra. Cynthia Correa Lopes Barbosa

Londrina

2024

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

DA COSTA, Julio Cesar.

Atividade física, comportamento sedentário e indicadores de saúde óssea em adultos jovens: um estudo longitudinal / Julio Cesar DA COSTA. - Londrina, 2024.

114 f. : il.

Orientador: Enio Ricardo Vaz Ronque.

Coorientador: Cynthia Correa Lopes Barbosa.

Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2024.

Inclui bibliografia.

1. Densidade mineral óssea - Tese. 2. Atividade motora - Tese. 3. Estilo de vida sedentário - Tese. 4. Pesquisa longitudinal - Tese. I. Ronque, Enio Ricardo Vaz . II. Barbosa, Cynthia Correa Lopes . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. IV. Título.

CDU 796

JULIO CESAR DA COSTA

**ATIVIDADE FÍSICA, COMPORTAMENTO SEDENTÁRIO E
INDICADORES DE SAÚDE ÓSSEA EM ADULTOS JOVENS:
UM ESTUDO LONGITUDINAL**

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM-UEL, do Centro de Educação Física e Esportes da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Educação Física.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Rômulo Araújo Fernandes
Universidade Estadual Paulista - UNESP/PP

Prof. Dr. Hélio Serassuelo Junior
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Andreia Pelegrini
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Profa. Dra. Rossana Anelice Gomez Campos
Universidad Católica del Maule - UCM

Londrina, 19 de abril de 2024.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque, pela oportunidade que me foi concedida nos últimos onze anos como aluno de graduação, iniciação científica e de pós-graduação, por toda a confiança e respeito que construímos ao longo de todo este processo.

Aos professores Dra. Andreia Pelegrini, Dr. Hélio Serassuelo Junior, Dr. Rômulo Araújo Fernandes e Dra. Rossana Anelice Gomez primeiramente por aceitarem prontamente a participação e desafio de comporem esta banca.

A todos os membros do grupo GEPAFE, por todo auxílio durante a elaboração do projeto e das coletas de dados do projeto de pesquisa neste último ano. A professora Dra. Cynthia Correa Lopes Barbosa, coorientadora deste trabalho, pela paciência e auxílio na elaboração e produção desta tese. Um agradecimento em especial aos professores Dr. Marcelo Romanzini e Dra. Catiana Leila Possamai Romanzini, pelas conversas e apoio, inspiração para iniciar a pós-graduação e ao professor Dr. Rafael Deminice, que em um momento difícil me concedeu a bolsa técnica de Doutorado.

Aos amigos de projeto professores Ms. Mileny Caroline Menezes de Freitas, Gabriel Motta Albertuni e Robinson Rodrigues dos Santos por compartilharem seu tempo e conhecimento durante este processo de formação. Aos professores amigos que fiz ao longo desta jornada na pós-graduação Ms. André de Oliveira Werneck, Ms. Juliane Cristina Leme, Ms. Luiz Fernando Ramos-Silva, Ms. Leonardo Alex Volpato, Dra. Lidyane Ferreira Zambrin, Dra. Paola Sanches Sella, Dr. Paulo Henrique Borges, Dr. Ricardo Agostinete e Ms. Vinicius Muller Reis Weber por todo companheirismo e auxílio sempre que precisei.

Ao CNPq e a CAPES, órgãos de extrema importância durante este processo de formação me auxiliando com a concessão de bolsas de estudo, que sem elas seriam impossíveis minha permanência dentro do programa e ao CNPq pelo financiamento do projeto que subsidiou esta tese.

E ao Programa de Pós-graduação em Educação Física Associado UEM/UEL e a Universidade Estadual de Londrina pela formação de qualidade oportunizada durante todos esses anos de ensino superior.

E a todos que contribuíram de forma direta ou indireta o meu muito obrigado.

RESUMO

COSTA, Julio Cesar da. **Atividade física, comportamento sedentário e indicadores de saúde óssea em adultos jovens: um estudo longitudinal**. 2024. 114 páginas. Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM-UEL, do Centro de Educação Física e Esportes da Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina, 2024.

Introdução: A prática de atividade física (AF) e o comportamento sedentário (CS) estão relacionados ao equilíbrio homeostático entre a formação e a reabsorção do osso. Estes diferentes comportamentos induzem respostas fisiológicas à massa óssea por meio de mecanismos como a mecanostática e a mecanotransdução. Contudo, na idade adulta próximo ao período do pico da massa óssea (PMO), as informações sobre o impacto da AF e do CS sobre os indicadores de saúde óssea (ISO) são divergentes, dificultando sua interpretação. Deste modo, é necessário entender se as respostas obtidas a partir da prática habitual da AF e do CS no início da idade adulta podem ocasionar benefícios e/ou prejuízos na saúde óssea ao longo do tempo. **Objetivos:** Verificar as relações longitudinais das diferentes intensidades da atividade física e do padrão do comportamento sedentário com os ISO em adultos jovens durante sete anos de acompanhamento, e ainda: a) analisar longitudinalmente os impactos da AF e do CS nos indicadores de saúde óssea em adultos jovens, por meio de uma revisão sistemática da literatura; b) verificar a associação entre o *tracking* da atividade física moderada a vigorosa com os indicadores de saúde óssea em adultos jovens; c) associar diferentes intensidades e *bouts* da atividade física e do comportamento sedentário sobre a força e resistência óssea em adultos jovens em um estudo de sete anos de seguimento. **Metodologia:** Trata-se de um estudo com o delineamento longitudinal, que teve sua fase anterior realizada no ano 2016. Para esta fase, 43 adultos jovens de ambos os sexos, com idade entre 25 e 32 foram recrutados. Foram realizadas medidas antropométricas de massa corporal, estatura e o IMC foi determinado. A AF e o comportamento sedentário (CS) foram mensurados pelo uso da acelerometria, com o acelerômetro modelo GT3X+ e as intensidade leve (AFL), moderada (AFM) e vigorosa (AFV) e moderada a vigorosa (AFMV) e o padrão AF e do CS através da obtenção dos *bouts* foram estabelecidos. A densidade mineral óssea (DMO) foi obtida pelo Absorciometria por dupla emissão de raio-x (DXA) e os parâmetros de força e resistência óssea foram analisados pelo software *Hip Strength Analysis*. O Coeficiente de Correlação Intraclasse foi empregado para observar o *tracking* entre o *baseline* e o *follow-up* da AF, do CS e da DMO. A Regressão linear foi empregada para observar as associações entre as intensidades da AF (AFL, AFM e AFMV) e o CS com a DMO, bem como os *bouts* da AF e do CS com os indicadores de força e resistência óssea. A significância adotada foi de 5%. **Resultados:** A revisão da literatura encontrou 17 artigos com o delineamento longitudinal, somente um estudo foi selecionado entre os períodos da infância e idade adulta, e os resultados mostraram uma ausência de associação entre a AF e os ISO. Associações positivas das diferentes intensidades da AF foram observadas nos períodos da adolescência e a idade adulta com o conteúdo mineral ósseo (CMO), a densidade mineral óssea (DMO) e a microarquitetura do osso. No entanto, ao longo da idade adulta as associações foram classificadas como inconsistentes, uma vez que somente dois estudos foram localizados nas bases de dados. Quanto ao CS, somente dois estudos entre os períodos da infância e adolescência com a idade adulta foram encontrados nas bases de dados, com as evidências sendo classificadas como inconsistentes. Nos artigos originais foram observados um moderado *tracking* da AFL, AFM e AFMV (CCI entre 0,36 e 0,39; $p > 0,05$) e um alto *tracking* da DMO total do corpo, coluna lombar, quadril, braços, pernas e fêmur (CCI entre 0,79 a 0,96; $p > 0,001$) ao longo dos sete anos de estudo e associações

negativas foram observadas somente entre a DMO das pernas no grupo que reduziu a AFM ($\beta = -0,041$) e AFMV ($\beta = -0,035$) e com a DMO do fêmur com o grupo que reduziu a AFMV ($\beta = -0,090$) comparada aos que mantiveram a AF ao longo do tempo, indicando que manter a AF ao longo dos anos atenua a perda da DMO. Associações positivas entre dos *bouts* de 3 a 4 minutos da AFM e AFMV com o índice de força, módulo de seção Z e *CSMI* (entre $\beta = 0,002$ e $\beta = -0,004$) e *bouts* de 5 a 9 minutos de AFMV com o *CSMI* e *CSA* ($\beta = 0,001$) foram observadas, enquanto os *bouts* de 1 a 29 minutos do CS apresentaram uma associação negativa ($\beta = -0,14$) com o índice de força, apontando que aumentar ao longo dos anos *bouts* de AFM e AFMV auxiliam no aumento dos indicadores de força óssea. **Conclusão:** As evidências do efeito positivo da prática de AF e suas intensidades entre período da adolescência até a idade adulta com os ISO parecem estar mais consolidadas, principalmente nos rapazes, sendo necessário entender o papel das intensidades e do volume da AF na população feminina. Além disso, O *tracking* da AF ao longo de sete anos de acompanhamento foi moderado e alto para a DMO, no entanto indivíduos que reduziram a AFM e AFMV apresentam redução da DMO, principalmente nas regiões que suportam a carga do peso corporal, além disso, os indivíduos que mantiveram ou aumentaram a AFM e AFMV obtiveram uma atenuação na redução da DMO. E os *bouts* da AFM (3 a 4 minutos) e AFMV (3 a 4 minutos e 5 a 9 minutos) foram associados positivamente, enquanto os *bouts* de CS (1 a 29 minutos) negativamente com os indicadores de força e resistência óssea durante a idade adulta. Essas informações podem subsidiar ações de intervenção com o objetivo de aumento da AFM e AFMV para a promoção da saúde óssea e prevenção da osteoporose, minimizando gastos públicos.

Palavra-chave: densidade mineral óssea; atividade motora; estilo de vida sedentário; estudos longitudinais; adultos.

ABSTRACT

COSTA, Julio Cesar da. **Association between physical activity and sedentary behaviour trajectories with bone health indicators in young adults: longitudinal study.** 2024. 114 sheets. Doctoral Thesis presented to the Program of Associated Post-Graduation in Physical Education UEM-UEL, of the Center of Physical Education and Sports of the State University of Londrina - UEL, Londrina, 2024.

Introduction: The practice of physical activity (PA) and sedentary behavior (SB) are related to the homeostatic balance between bone formation and resorption. These different behaviors induce physiological responses to bone mass through mechanisms such as mechanostatics and mechanotransduction. However, in adulthood, close to the period of peak bone mass (PMO), information on the impact of PA and SB on bone health indicators (ISO) is divergent, making their interpretation difficult. Therefore, it is necessary to understand whether the responses obtained from the habitual practice of PA and CS in early adulthood can cause benefits and/or harm to bone health over time. **Objectives:** To verify the longitudinal relationships between different intensities of physical activity and sedentary behavior patterns with ISO in young adults during seven years of follow-up, and also: a) longitudinally analyze the impacts of PA and SB on bone health indicators in young adults, through a systematic literature review; b) verify the association between tracking moderate to vigorous physical activity and bone health indicators in young adults; c) associate different intensities and bouts of physical activity and sedentary behavior on bone strength and resistance in young adults in a seven-year follow-up study. **Methodology:** This is a longitudinal study, with its previous phase conducted in the year 2016. For this phase, 43 young adults of both sexes, aged between 25 and 32, were recruited. Anthropometric measurements of body mass, height, and BMI were taken. Physical activity (PA) and sedentary behavior (SB) were measured using accelerometry, with the GT3X+ accelerometer model, and light (LPA), moderate (MPA), vigorous (VPA), and moderate-to-vigorous (MVPA) intensities, as well as PA and SB patterns through bouts acquisition, were established. Bone mineral density (BMD) was obtained using Dual-energy X-ray Absorptiometry (DXA), and bone strength and endurance parameters were analyzed using the Hip Strength Analysis software (HSA). The Intraclass Correlation Coefficient was employed to observe tracking between baseline and follow-up of PA, SB, and BMD. Linear regression was used to observe associations between PA intensities (LPA, MPA, and MVPA) and SB with BMD, as well as PA and SB bouts with bone strength and endurance indicators. The significance level adopted was 5%. **Methodology: Results:** The literature review found 17 articles with a longitudinal design; only one study was selected spanning childhood to adulthood, and the results showed a lack of association between PA and BHI. Positive associations of different PA intensities were observed during adolescence and adulthood with bone mineral content (BMC), bone mineral density (BMD), and bone microarchitecture. However, throughout adulthood, the associations were classified as inconsistent, as only two studies were located in the databases. Regarding SB, only two studies spanning childhood through adolescence to adulthood were found in the databases, with evidence classified as inconsistent. In the original articles, there was moderate tracking of LPA, MPA, and MVPA (ICC between 0.36 and 0.39; $p > 0.05$) and high tracking of total body BMD, lumbar spine, hip, arms, legs, and femur (ICC between 0.79 to 0.96; $p > 0.001$) over the seven years of the study. Negative associations were observed only between leg BMD in the group that reduced MPA ($\beta = -0.041$) and MVPA ($\beta = -0.035$) and femur

BMD in the group that reduced MVPA ($\beta = -0.090$) compared to those who maintained PA over time, indicating that maintaining PA over the years attenuates BMD loss. Positive associations between bouts of 3 to 4 minutes of MPA and MVPA with strength index, section modulus, and cross-sectional moment of inertia ($\beta = 0.002$ to $\beta = 0.004$) and bouts of 5 to 9 minutes of MVPA with cross-sectional moment of inertia and cross-sectional area ($\beta = 0.001$) were observed, while bouts of 1 to 29 minutes of SB showed a negative association ($\beta = -0.14$) with strength index, indicating that increasing bouts of MPA and MVPA over the years assist in increasing bone strength indicators. **Conclusion:** The evidence of the positive effect of PA practice and its intensities between adolescence and adulthood with BHI seems to be more consolidated, especially in males, with a need to understand the role of intensities and volume of PA in the female population. Furthermore, the tracking of PA over seven years of follow-up was moderate to high for BMD; however, individuals who reduced MPA and MVPA showed a decrease in BMD, especially in regions that bear the body weight load. Additionally, individuals who maintained or increased MPA and MVPA experienced an attenuation in BMD reduction. The bouts of MPA (3 to 4 minutes) and MVPA (3 to 4 minutes and 5 to 9 minutes) were positively associated, while SB bouts (1 to 29 minutes) were negatively associated with bone strength and endurance indicators during adulthood. These findings can inform intervention actions aimed at increasing MPA and MVPA for bone health promotion and osteoporosis prevention, thus minimizing public expenditures.

Key-words: bone mineral density; motor activity; sedentary lifestyle; longitudinal studies; adults.

Lista de ilustrações

Figura 1.1- Modelo teórico das associações entre as trajetórias da AF com os ISO e do padrão da AF e do CS.....	20
Figura 2.1 - Procedimentos de determinação da amostra.....	23
Figura 2.2 - Cálculo do tamanho amostral.....	25
Figura 3.1 - Diagrama do processo de seleção dos estudos	37
Figura 3.2 - Frequência de períodos de acompanhamento dos estudos	41
Figura 4.1 - Trajetória das intensidades da AF (<i>tracking</i>) entre o <i>baseline</i> (2016) e o follow-up (2023).....	71
Figura 4.2 - Trajetória da densidade mineral (<i>tracking</i>) óssea em diferentes regiões anatômicas entre o <i>baseline</i> (2016) e <i>follow-up</i> (2023).....	73
Figura 5.1 - Associação entre os indicadores de força e resistência óssea com os <i>bouts</i> das diferentes intensidades da AF e do CS.....	92

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Análise de abandono da amostra no acompanhamento	29
Tabela 2.2 - Coeficiente de correlação intraclasse entre duas séries de medidas repetidas das variáveis de DMO	30
Tabela 3.1 - Risco de viés dos estudos.....	39
Tabela 3.2 - Descrição dos resultados dos estudos inseridos na revisão.....	42
Tabela 3.3 - Síntese do nível das associações dos estudos entre a AF e os ISO	50
Tabela 3.4 - Síntese do nível das associações do estudo entre o CS e o ISO	51
Tabela 4.1 - Descrição das variáveis antropométricas, AF e DMO dos participantes do estudo em média, desvio padrão e diferença média entre o <i>baseline</i> e <i>follow-up</i>	72
Tabela 4.2 - Variação do CMO e da DMO entre o <i>baseline</i> e o <i>follow-up</i> dos diferentes grupos de trajetória da AFV e AFMV.....	75
Tabela 4.3 - Associação do aumento ou da redução da AFMV com os indicadores de CMO e DMO.....	76
Tabela 5.1 - Descrição das variáveis antropométricas, AF e DMO dos participantes do estudo em média, desvio padrão e diferença média entre o <i>baseline</i> e <i>follow-up</i>	90
Tabela 5.2 - Relação entre os indicadores de força e resistência óssea com os <i>bouts</i> das diferentes intensidades da AF e do CS.....	91

Lista de abreviações

DMO	Densidade mineral óssea
AF	Atividade física
AFL	Atividade física de intensidade leve
AFM	Atividade física de intensidade moderada
AFV	Atividade física de intensidade vigorosa
CS	Comportamento sedentário
CSA	Área de seção transversal do osso
CSMI	Área transversal do momento de inercia do osso
CMO	Conteúdo mineral ósseo
DXA	Absorciometria por dupla emissão de raio-x
HSA	<i>Hip strength analysis</i>
ISSO	Indicador de saúde óssea
MET	Equivalente metabólico
PMO	Pico de massa óssea
Z	Módulo de seção Z do osso

Sumário

CAPÍTULO 1	15
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. O PROBLEMA E SUA RELEVÂNCIA	15
1.2. OBJETIVOS E ESTRUTURA DO PROJETO	20
CAPÍTULO 2	22
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	22
2.1. DESENHO E PARTICIPANTES DO ESTUDO (FASE I E II).....	22
2.2. DESENHO E PARTICIPANTES DO ESTUDO (FASE III).....	22
2.2.1. Participantes	22
2.2.2. Cálculo do Tamanho Amostral.....	24
2.2.3. Critérios de Inclusão e Exclusão do Estudo	25
2.2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
2.3.1 Medidas Antropométricas	25
2.3.2. Idade Cronológica.....	25
2.3.2. Composição Corporal.....	25
2.3.3. Atividade Física e Comportamento Sedentário	26
2.3.4. Controle de Qualidade dos Dados	27
2.6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO	30
CAPÍTULO 3	31
RESUMO	31
IMPACTOS LONGITUDINAIS DA ATIVIDADE FÍSICA E DO COMPORTAMENTO SEDENTÁRIO NA SAÚDE ÓSSEA DE ADULTOS JOVENS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	31
3.1 INTRODUÇÃO	32
3.2. MÉTODOS	34

3.2.1. PROTOCOLO DO ESTUDO	34
3.2.2. ESTRATÉGIA DE BUSCA.....	34
3.2.3. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	35
3.2.4. SELEÇÃO DOS ESTUDOS	35
3.2.5. RISCO DE VIÉS ENTRE OS ESTUDOS.....	36
3.2.6. EXTRAÇÃO DOS DADOS.....	37
3.3. RESULTADOS	39
3.3.1. CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS.....	39
3.3.2. MÉTODOS UTILIZADOS PARA OBTER AS VARIÁVEIS DE AF E CS	47
3.3.3. MÉTODOS UTILIZADOS PARA OBTER OS INDICADORES DE SAÚDE ÓSSEA.....	47
3.3.4. PRINCIPAIS RESULTADOS	48
3.4. DISCUSSÃO	52
3.4.1. ASSOCIAÇÕES DA AF E CS COM OS ISO ENTRE O PERÍODO DA INFÂNCIA E A IDADE ADULTA.....	52
3.4.2. ASSOCIAÇÕES DA AF E O CS COM OS ISO ENTRE O PERÍODO DA ADOLESCÊNCIA E A IDADE ADULTA	54
3.4.3. ASSOCIAÇÕES DA AF COM OS ISO ENTRE O INÍCIO DA IDADE ADULTA E A TERCEIRA DÉCADA DE VIDA	58
3.4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
CAPÍTULO 4	64
RESUMO	64
TRACKING DA ATIVIDADE FÍSICA E SUA RELAÇÃO COM OS INDICADORES DE SAÚDE ÓSSEA EM ADULTOS JOVENS.....	64
4.1. INTRODUÇÃO.....	65
4.2. MÉTODOS.....	67

4.2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES DO ESTUDO	67
4.2.2. PARTICIPANTES DO ESTUDO	67
4.2.3. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICA E IDADE CRONOLÓGICA	67
4.2.4. COMPOSIÇÃO CORPORAL	68
4.2.5. ATIVIDADE FÍSICA	68
4.2.6. CONTROLE DE QUALIDADE DOS DADOS	69
4.2.7. TRATAMENTO ESTATÍSTICO	69
4.3. RESULTADOS	70
4.4. DISCUSSÃO	76
CAPÍTULO 5	82
4.5. INTRODUÇÃO	83
4.6. MÉTODOS	85
4.6.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES DO ESTUDO	85
4.6.2. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS E IDADE CRONOLÓGICA	85
4.6.3. COMPOSIÇÃO CORPORAL	85
4.6.4. ATIVIDADE FÍSICA E COMPORTAMENTO SEDENTÁRIO	86
4.6.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	86
5.4. RESULTADOS	88
5.6. DISCUSSÃO	92
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
REFERÊNCIAS	100
APÊNDICES	108
ANEXOS	110

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

1.1. O PROBLEMA E SUA RELEVÂNCIA

A osteoporose é uma doença sistêmica e silenciosa que tem seu início na adolescência e se caracteriza pela baixa densidade mineral óssea, deterioração da microarquitetura do tecido ósseo e a redução da resistência óssea. Esses fatores podem causar o aumento da fragilidade óssea, o aumento do risco de fraturas e até mesmo levar a mortalidade (Kanis *et al.*, 1994, 2003; Tu *et al.*, 2018).

Estudos epidemiológicos têm relatado alta prevalência de osteoporose em diversas populações. Salari *et al.* (2021) reportaram uma prevalência mundial de 18,3% de osteoporose na população geral, sendo de 23,1% em mulheres e 11,7% em homens. No Brasil, estima-se que a prevalência da osteoporose após os 50 anos seja em torno de 15% em mulheres e 13% em homens (IOF - International osteoporosis foundation, 2012; Pinheiro *et al.*, 2010).

Dentre os diversos fatores comportamentais associados ao risco de osteoporose, o uso de tabaco, a ingestão de álcool, os hábitos alimentares inadequados e os níveis insuficiente de atividade física (AF) tem sido considerado um dos principais causadores do baixo pico de massa óssea (PMO) (Zhu; Zheng, 2021), conhecido como o momento de maior acúmulo de massa óssea até atingir a estabilização, que ocorre entre o final da segunda e início da terceira década de vida (Baxter-Jones *et al.*, 2011; Heaney *et al.*, 2000; Zheng *et al.*, 2021).

Por outro lado, a AF, definida como “qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos que resulte em gasto calórico” (Caspersen; Powell; Christenson, 1985), tem sido reconhecida como um fator importante para o ganho da massa óssea ao longo da vida, principalmente entre a infância e o início da idade adulta (2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee, 2018), além de ser considerada um dos principais meios de intervenção para aumentar ou manter a densidade mineral óssea (DMO) e os indicadores de força e resistência óssea (Chevalley; Rizzoli, 2022; Zhu; Zheng, 2021).

Ao longo das últimas décadas a DMO, que refere-se à medida da densidade dos minerais em uma região específica de um osso (g/cm^2) (American Bone Health, 2018), tem sido utilizada

como um dos parâmetros da composição óssea. No entanto, somente informações da DMO não possibilita analisar com maior poder de aprofundamento os riscos de fraturas e fragilidades ósseas (JEPSEN; MIKIC, 2001). Dessa forma, a utilização de parâmetros de força e resistência óssea obtidos a partir do método de análise da geometria óssea (*Hip Strength Analysis – HSA*), que fornecem parâmetros da área transversal no momento da inércia (*CSMI*, mm^4) que representa um índice da rigidez estrutural à carga de flexão, a área de secção transversal (*CSA*, mm^2) que é um índice de resistência às forças axiais de compressão, tensão, torção e flexão e o módulo de seção (*Z*, mm^3) que é uma razão do *CSMI* pelo máximo de tensão de flexão em uma seção transversal, que ocorre mais afastado do eixo neutro, pode auxiliar na identificação precoce da deterioração da massa óssea (Beck *et al.*, 1990; Beck, 2007).

Este efeito protetor da AF sobre a DMO e os indicadores de força e resistência óssea está relacionado ao equilíbrio homeostático entre a formação e a reabsorção do osso (Faienza *et al.*, 2020; Lombardi; Ziemann; Banfi, 2019). Esta homeostase reduzirá o estresse oxidativo que afeta as vias sinalizadoras responsáveis pela osteogênese (Faienza *et al.*, 2020), sendo controlada pela teoria do mecanostato.

Essa teoria proposta por Frost (2003), apoia-se em quatro princípios primários: 1) a adaptação óssea é guiada por limiares, ou seja, a resposta adaptativa é gerada apenas quando o estímulo de tensão está acima ou abaixo de um certo ponto definido (limiares); 2) os pontos definidos (limiares) são compostos por quatro pontos de ajuste mecânico (perda óssea, remodelação, modelação e reparo); 3) os processos de modelação e remodelação são antagonistas, ou seja, operam em diferentes faixas de tensão e tem consequências arquitetônicas distintas; 4) a formação óssea nos diferentes envoltórios, em partes, é controlada pelas condições locais do osso (Frost, 2003; Robling *et al.*, 2019).

Esses quatro pontos definidos de ajuste mecânico geram janelas de uso, que podem causar a perda óssea, a formação óssea ou o reparo ósseo, sendo responsáveis por processos específicos de adaptação (Robling *et al.*, 2019), além de controlar vários segmentos autônomos responsáveis pelo estímulo, pelo mecanismo sensorial que detecta o estímulo mecânico e o mecanismo efetivo que é responsável pela volta da homeostase (Hughes; Petit, 2010).

O período da adolescência é o momento acelerado de ganho da massa óssea (Weaver *et al.*, 2016), sendo relevante para o aumento, resistência e saúde do osso ao longo da vida (Forwood, 2013). Baxter-Jones *et al.* (2011) em um estudo longitudinal, indicaram que o maior pico de acúmulo de massa óssea ocorre por volta de um ano após o pico de velocidade de estatura, que nas moças seria por volta dos 12,8 anos e 14,3 anos nos rapazes, mas podendo

variar dependendo da região anatômica observada, fato que contribui para a potencialização do PMO na idade adulta.

Deste modo, diversos estudos têm buscado observar os benefícios que a prática de AF durante o período da adolescência poderiam proporcionar nos indicadores de saúde óssea (ISO) na idade adulta. Os resultados têm sugerido existir uma relação positiva entre estes indicadores em diversas regiões anatômicas do corpo (Delvaux *et al.*, 2001; Elhakeem *et al.*, 2020; Jackowski *et al.*, 2014; Kemper *et al.*, 2000; Metcalf *et al.*, 2020; Rowlands *et al.*, 2020; Tamme *et al.*, 2019; Vicente-Rodríguez *et al.*, 2009). Além disso, as diferentes intensidades da AF realizada durante o período da adolescência apresentam uma associação positiva com os ISO no início da idade adulta.

Elhakeem *et al.* (2020) em uma amostra de adolescentes ativos, apontaram que nos rapazes as intensidades moderadas associaram-se com a DMO do fêmur e com a microarquitetura do osso, enquanto a intensidade moderada a vigorosa associou com a DMO total do corpo e do quadril, e nas moças, as intensidades leves associaram-se com a DMO do quadril e do fêmur. Tamme *et al.* (2019) observaram associações das intensidades vigorosas com a DMO do colo do fêmur e o CMO do pescoço do fêmur. Metcalf *et al.* (2020) apontam para associações positivas entre as atividades de intensidade vigorosa com a microarquitetura óssea, sugerindo que o acúmulo diário extra de um minuto de AF vigorosa durante a adolescência pode proporcionar aumentos entre 3 e 5% nos ISO durante a idade adulta.

No início da idade adulta, estudos tem observado a associação positiva entre a AF com o CMO e DMO (Hervás *et al.*, 2019; Kronhed *et al.*, 2002; Neville *et al.*, 2002; Oura *et al.*, 2016) e também com a microarquitetura óssea (Kim *et al.*, 2013; Warden, Wright, Fuchs, 2021), no entanto, essas informações foram obtidas a partir de delineamentos transversais, fato que não contribui para observar a causalidade entre as variáveis e se estes benefícios podem permanecer ao longo do tempo (Delvaux *et al.*, 2001; Bakker *et al.*, 2003; Nilsson *et al.*, 2012), fato que mostra a necessidade de realizar medidas dos ISO e da AF em dois momentos distintos durante a idade adulta.

Diante disto, no decorrer da idade adulta, principalmente durante o final da segunda e início da terceira década de vida, período caracterizado pelo PMO (Zheng *et al.*, 2021), os estudos longitudinais podem fornecer informações adicionais importantes sobre a relação entre a AF e os ISO, uma vez que até este momento os estudos ainda não demonstram clareza em seus resultados, apontando associações positivas (Mein *et al.*, 2004; Nilsson *et al.*, 2012) e outros não encontrando associações (Bakker *et al.*, 2003).

Até o momento, somente um estudo observou que diferentes intensidades e volume de AF na adolescência promoveram diferentes benefícios na DMO, no CMO e na microarquitetura óssea em diferentes regiões anatômicas corporal em jovens adultos (Rowlands *et al.*, 2020). Desta forma, observar longitudinalmente os possíveis impactos que as diferentes intensidades da AF acarretariam nos ISO durante a idade adulta, principalmente próximo ao período de ocorrência do PMO, poderia trazer os mesmos benefícios adquiridos durante a transição da adolescência para o início da idade adulta.

Burr (2019) aponta que os benefícios das atividades com diferentes cargas mecânicas sobre o osso poderiam estar associados a fatores morfológicos e de adaptação do osso. Por exemplo, morfológicamente, os ossos corticais, encontrados em ossos longos e curtos, proporcionam maior suporte a atividades que demandam maiores cargas mecânicas. Por outro lado, o osso trabecular, encontrado principalmente nas metáfises dos ossos longos, fornece suporte estrutural de força e rigidez do osso para suportar o peso corporal elevada. Assim, diferentes cargas mecânicas da AF poderiam promover diferentes adaptações ósseas através de diferentes estímulos de carga, principalmente na região plástica, no qual o osso recebe uma carga mecânica e isto promoverá uma deformação permanente na estrutura óssea (Wallace, 2019).

Por outro lado, o comportamento sedentário (CS), que é definido como “qualquer comportamento realizado no período de vigília caracterizado por um gasto energético $\leq 1,5$ equivalentes metabólicos (*METs*), na posição sentada, reclinada ou deitada (Tremblay *et al.*, 2017)”, vem apresentando uma relação positiva com diversos fatores de risco cardiometabólicos como a obesidade, a pressão arterial elevada, o diabetes tipo II, o câncer e o risco de mortalidade (Bull *et al.*, 2020; Musa, Elyamani, Dergaa, 2022; Ekelund *et al.*, 2012). Uma das possíveis hipóteses que sustentam a relação entre os riscos metabólicos e o CS é a redução da ação muscular, que ocasiona um estresse fisiológico no indivíduo, ocasionando uma sobrecarga energética, que resulta em aumento da adiposidade visceral (Meneguci *et al.*, 2015).

Desta forma, o fato de o CS estar associado a diversos fatores de risco cardiometabólicos faz crer que o aumento do CS possa estar negativamente associado com os ISO, principalmente pela redução da ação muscular. Chastin, Mamdrichenko e Skelton (2014) observaram que, independentemente do sexo e idade, o CS associou-se negativamente com a saúde óssea na população adolescente. Além disso, Mcveigh *et al.* (2016) indicaram que esta associação permanece independentemente do nível de AF realizada. Enquanto Vicente-Rodriguez *et al.* (2009) demonstraram que os indivíduos que permanecem mais de três horas por dia em CS podem aumentar em até sete vezes a chance de atingir um baixo DMO na idade adulta.

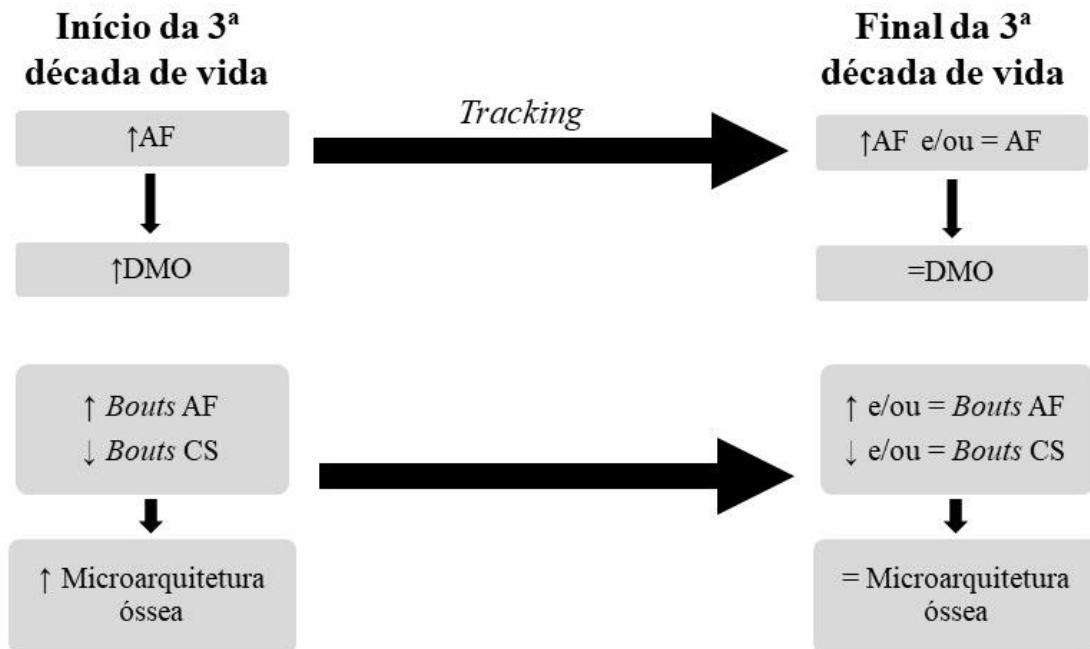
Outro aspecto importante a se destacar, é o fato de alguns estudos mostrarem que utilizar apenas o tempo total de CS nas análises para identificação de possíveis fatores de risco não têm sido suficiente, uma vez que o elevado tempo total por períodos prolongados (*bouts*) em CS está associado a um maior risco de mortalidade para todas as causas (Cliff *et al.*, 2016; Dias *et al.*, 2017). Altenburg e Chinapaw (2015) definiram *bouts* como “um período mínimo de tempo sedentário ininterrupto” e interrupções de series prolongadas de CS por curto períodos de AF leve ou moderada parecem melhorar o metabolismo glicolítico, os processos inflamatórios e a redução do risco cardiometabólico (Ekelund *et al.*, 2012). Portanto, assumindo esse aspecto, será que realizar series mais curtas de CS, conseqüentemente reativando o sistema muscular, poderá ocasionar os mesmos benefícios nos ISO assim como observado na saúde cardiometabólica?

Apesar dos benefícios da AF, bem como as informações sobre o volume e o papel da AF vigorosa sobre a massa óssea e os indicadores de força e resistência óssea durante o período da adolescência até o início da idade adulta estarem bem documentadas na literatura (Duckham *et al.*, 2014; Jackowski *et al.*, 2014; Bielemann *et al.*, 2014; Gabel *et al.*, 2017; Tamme *et al.*, 2019; Metcalf *et al.*, 2020; Elhakeem *et al.*, 2020; Rowlands *et al.*, 2020; Ng *et al.*, 2022), durante o início da idade adulta, o papel das diferentes intensidades e volume da AF e do CS, sobretudo na DMO e nos indicadores de força e resistência óssea a literatura não apresentam informações suficientes que possam explicar suas relações com os ISO.

Considerando que a manutenção da AF entre a adolescência e início da idade adulta tem sido moderada (Malina, 2001; Hayes *et al.*, 2019), o que se mantém durante a idade adulta, principalmente entre o período do PMO, ou seja, a metade dos indivíduos tendem a manter sua trajetórias de AF, enquanto 27% reduzem nesse período (Morseth *et al.*, 2011), verificar o seus impactos nos ISO pode contribuir para compreender melhor o papel preventivo da AF nos riscos de doenças ósseas, uma vez que nessa fase da vida a massa óssea parece ter uma alta manutenção nos diferentes indicadores (Baxter-Jones *et al.*, 2011).

Acredita-se que a manutenção ou o aumento da AF em suas diferentes intensidades e o padrão do CS e da AF entre o início e final da terceira década de vida poderiam acrescentar maiores explicações nas possíveis associações entre a AF e do CS sobre os ISO. Desta forma, nossa hipótese teórica é que aqueles que aumentaram ou mantiveram os níveis de AF ao longo de sete anos apresentariam uma manutenção da DMO e da microarquitetura óssea, por outro lado, aqueles que aumentarem o CS ao longo do tempo apresentariam uma redução da DMO e da microarquitetura óssea (Figura 1.1).

Figura 1.1 Modelo teórico das associações entre as trajetórias da AF com os ISO e do padrão da AF e do CS. As hipóteses estabelecidas foram: a) o *tracking* moderado da AF manteria os valores longitudinais da DMO; b) maior tempo em intensidades moderada e/ou vigorosa aumentariam ou manteriam os valores longitudinais da DMO; e c) *bouts* em diferentes intensidades da AF e CS exerceriam diferentes impactos nos indicadores de força e resistência óssea.



Desta forma, torna-se necessário observar longitudinalmente o impacto das diferentes intensidades da AF, bem como os padrões do CS e da AF, como os *bouts*, durante a idade adulta jovem, buscando entender os possíveis benefícios promovidos pela AF durante o período que ocorre o PMO e sua estabilização, mesmo quando ocorrem alterações na atividade física habitual nessa fase da vida. Além disso, entender qual o papel das diferentes intensidades da AF e do CS e sua relação com os ISO.

1.2. OBJETIVOS E ESTRUTURA DO PROJETO

A presente tese segue sua apresentação no modelo escandinavo de apresentação e foi desenvolvida por meio da redação de três artigos científicos. O projeto foi estruturado em seis capítulos, sendo o primeiro referente à introdução e o objetivo, o segundo foi para a

apresentação da metodologia, e na seção de resultados, foram utilizados três capítulos, um para cada artigo científico e o sexto capítulo referente às considerações finais do estudo. Os artigos científicos derivam de uma pesquisa conduzida pelo Grupo de Estudo e Pesquisa em Atividade Física e Exercício (GEPAFE) da Universidade Estadual de Londrina.

O objetivo geral foi verificar as relações longitudinais das diferentes intensidades da AF e do padrão do CS com os ISO em adultos jovens ao longo de um período sete anos de acompanhamento.

A partir deste objetivo foi proposto a redação de três artigos científicos, sendo o primeiro uma revisão sistemática da literatura, que foi submetida a periódico indexado e dois artigos originais. Os títulos dos artigos científicos, bem como seus respectivos objetivos são os seguintes:

Artigo 1: Impactos longitudinais da atividade física e do comportamento sedentário na saúde óssea de adultos jovens: uma revisão sistemática.

Objetivo: Analisar longitudinalmente os impactos da AF e do CS nos indicadores de saúde óssea em adultos jovens, por meio de uma revisão sistemática da literatura.

Artigo 2: Tracking da atividade física e sua relação com indicadores de saúde óssea em adultos jovens.

Objetivo: Verificar a associação entre o *tracking* da atividade física moderada a vigorosa com os indicadores de saúde óssea em adultos jovens.

Artigo 3: Associação entre diferentes intensidades e *bouts* da atividade física e do padrão do comportamento sedentário sobre a força e resistência óssea em adultos jovens: um estudo longitudinal.

Objetivo: Verificar a associação de diferentes intensidades e *bouts* da atividade física e do comportamento sedentário sobre a força e resistência óssea em adultos jovens em um estudo de sete anos de seguimento.

CAPÍTULO 2

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1. DESENHO E PARTICIPANTES DO ESTUDO (FASE I E II)

O presente projeto faz parte do banco de dados de um estudo prospectivo intitulado “Aptidão física e prática de esportes na infância e adolescência e fatores de risco biológicos e comportamentais em adultos: um estudo longitudinal de 15 anos”, com delineamento longitudinal, teve sua primeira fase no ano de 2002 com seguimento até o ano de 2006 em um estudo longitudinal misto que contou com uma amostra final de 370 crianças e adolescentes. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética de Pesquisa envolvendo seres humanos (024/03).

Na segunda fase do estudo (ano de 2016) foram recrutados todos os sujeitos que participaram da primeira fase (7 a 14 anos), e que apresentavam todas as medidas das variáveis antropométricas e de aptidão física, avaliadas em pelo menos um momento do estudo. Foram localizados aproximadamente 270 sujeitos, de ambos os sexos, com idade entre 18 e 25 anos, sendo que 151 participantes da primeira fase que aceitaram comparecer foram incluídos e avaliados nessa fase do estudo.

Na segunda etapa, foram coletadas informações referentes a DMO e parâmetros comportamentais (AF habitual e CS).

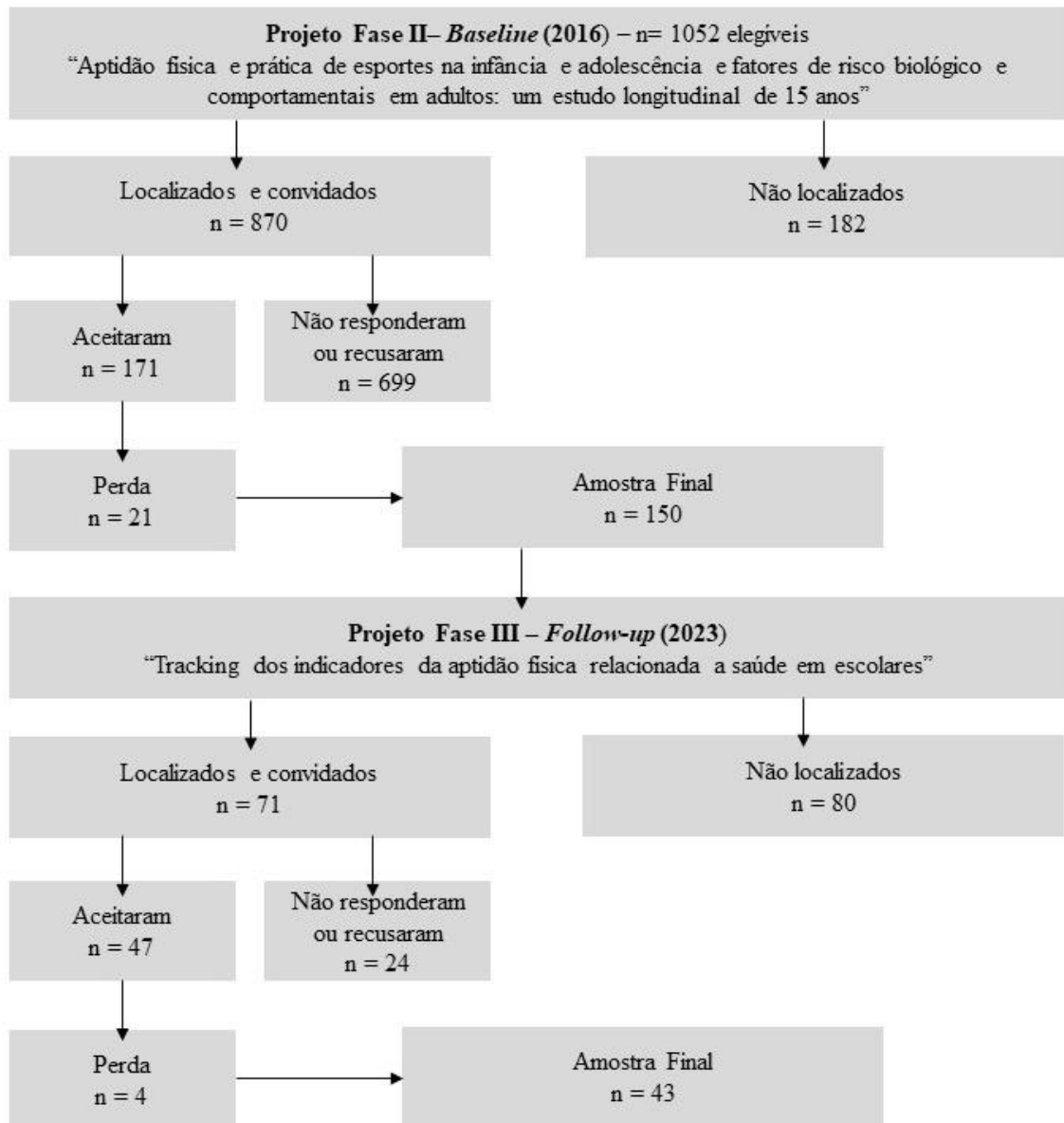
2.2. DESENHO E PARTICIPANTES DO ESTUDO (FASE III)

2.2.1. Participantes

Na terceira fase do estudo, foram recrutados todos os participantes da fase II (18 a 25 anos) que apresentavam todas as medidas de DMO e parâmetros comportamentais (AF habitual e CS) na fase II. Com base nas informações pessoais dos participantes arquivadas nos bancos de dados, esses foram contatados por meio de comunicações como: endereço eletrônico, telefone e redes sociais, e foram convidados a participar do estudo em 2023. Foram convidados

150 participantes, de ambos os sexos, com idade entre 25 e 32 anos, que apresentaram dados válidos (Figura 2.1).

Figura 2.1 – Procedimentos de determinação da amostra.



Fonte: o próprio autor

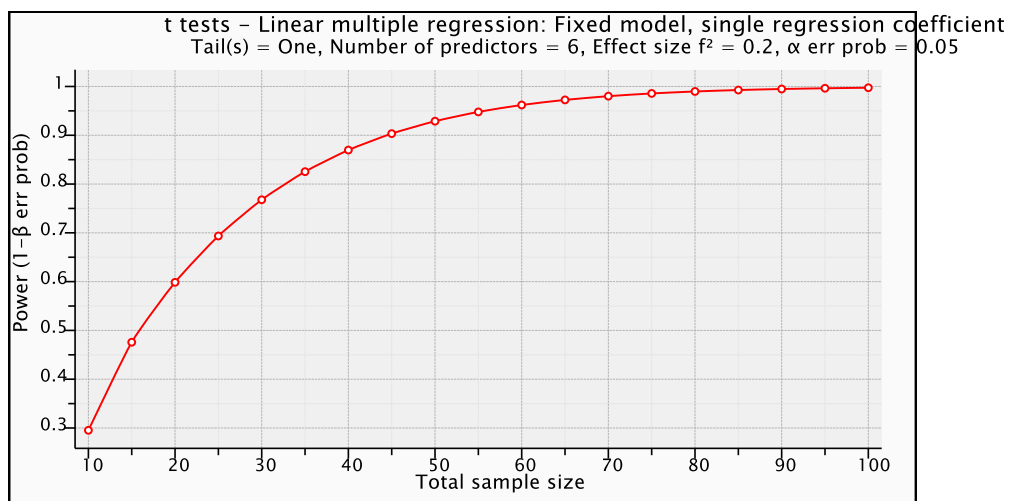
Nessa terceira etapa, foram utilizadas as informações da fase II referentes aos parâmetros antropométricos, indicadores da composição corporal, DMO, indicadores da aptidão física e parâmetros comportamentais (AF habitual, CS, horas de sono e prática esportiva). Todos os participantes, após serem devidamente informados sobre a proposta do estudo e procedimentos aos quais seriam submetidos, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido – TCLE (APÊNDICE 1). Este estudo faz parte do projeto intitulado “Aptidão

física e prática de esportes na infância e adolescência e indicadores de saúde óssea na idade adulta: interação com trajetórias da atividade física na idade adulta” e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina sob o parecer número 3.964.537, de acordo com as normas da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos (ANEXO 1).

2.2.2. Cálculo do Tamanho Amostral

O cálculo amostral utilizando o software *GPower* 3.1.9 foi realizado a posteriori para estimar o poder de explicação das análises (Figura 2.1). Considerando a quantidade de possíveis variáveis predictoras (sexo, idade, IMC, AFL, AFM e AFV), a estatística utilizada no estudo e o número final de participantes ($n=43$), um poder de explicação de 0,89 foi obtido (Figura 2.2) ($f^2=0,20$; $1-\beta=0,89$; $\alpha=0,05$) (Faul *et al.*, 2007).

Figura 2.2 – Cálculo do tamanho amostral.



2.2.3. Critérios de Inclusão e Exclusão do Estudo

Os critérios de inclusão para participação na pesquisa foram: ter participado e apresentado as medidas das variáveis antropométricas, de composição corporal (DXA) e de AF (acelerometria) na segunda fase do estudo (18 a 25 anos). Os participantes que faziam uso frequente de algum medicamento, que estavam em tratamento de alguma doença e que não assinaram o TCLE (Apêndice 1) não participaram do estudo. Foram excluídos das análises um total de 28 participantes, que não tiveram dados completos de variáveis obtidas pelo DXA (seis participantes) e dados incompletos da acelerometria (22 participantes) na fase II (Tabela 2.1).

2.2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.3.1 Medidas Antropométricas

A massa corporal foi mensurada em uma balança de plataforma, digital, marca Seca, com precisão de 0,5 kg, a estatura e a altura sentado foi obtida por um estadiômetro portátil com precisão de 0,1 cm, marca Harpenden, de acordo com os procedimentos descritos por Gordon *et al.* (1988). O índice de massa corporal (IMC) foi determinado pelo quociente massa corporal/estatura².

2.3.2. Idade Cronológica

A idade cronológica (IC) foi estabelecida de forma centesimal, com base na diferença entre a data de nascimento e a data de avaliação do DXA.

2.3.2. Composição Corporal

A composição corporal foi estimada pela técnica de absorptometria radiológica de dupla energia (DXA). A estimativa da massa óssea total e regional (densidade mineral óssea e conteúdo mineral do osso) foi determinada por exame de corpo inteiro em um equipamento da marca Lunar, modelo G.E. PRODIGY – LNR 41.990. A calibragem do equipamento seguiu as recomendações do fabricante, e a calibragem foi realizada por um técnico do laboratório com experiência nesse tipo de avaliação. Para a realização dos exames, os indivíduos foram orientados sobre as contraindicações, procedimentos e vestimenta apropriada para a realização do exame.

As contraindicações para a realização do exame foram: mulheres em período gestacional ou com suspeita de estar grávida; indivíduos que tenham ingerido ou se infectado com radionuclídeos ou agentes radiopacos, como por exemplo, realizado exames contrastados ou de medicina nuclear (cintilografia, tomografia computadorizada, etc.) a pelo menos sete dias e pessoas em tratamento com medicação que contenha cálcio. Quanto aos procedimentos, os avaliados retiraram todos os objetos metálicos do corpo, tais como: brincos, anéis, piercings, relógios, joias e adereços metálicos em geral. Utilizaram roupas leves, com ausência de metal, como fechos de correr (zíper), fivelas, botões, molas, sutiã com aro metálico, etc. Informaram se tinham implantes metálicos no corpo e marcapasso cardíaco.

O DXA forneceu informações referentes a densidade mineral óssea (DMO, g/cm^2) do corpo total e das regiões do quadril, do fêmur, da coluna lombar, dos braços e das pernas. Além disso, a análise geométrica através da *Hip Strength Analysis (HSA)*, tanto do *baseline* quanto do *follow-up*, foi realizada por um membro do grupo GEPAFE previamente treinado e forneceu parâmetros de força e resistência óssea como o índice de força, a taxa de deformação, a CSMI (mm^4), a CSA (mm^2) e o módulo de seção Z (mm^3) (Beck, 2007).

2.3.3. Atividade Física e Comportamento Sedentário

As medidas do padrão da AF e do CS foram obtidas de forma objetiva por meio do uso de acelerômetros da marca ActiGraph (*ActiGraph, Pensacola, FL, USA*), modelo GT3X+. Os dispositivos foram programados para registrar informações em uma frequência de 30 Hz. Os participantes foram instruídos a utilizarem o acelerômetro durante sete dias consecutivos, fixando-o por meio de uma cinta elástica no quadril direito, ao nível da crista ilíaca anterior. Adicionalmente, foram orientados a remover o equipamento apenas durante o banho e

atividades aquáticas. Após o período de monitoramento os acelerômetros foram recolhidos e os dados transferidos para o software *Actilife* (versão 6.13.4) para redução e análise.

Utilizando o software *Actilife*, os dados foram reintegrados de acordo com o *epoch* de 60 segundos para a análise seguindo os limiares propostos por Freedson et al. (1998). Os dados foram reduzidos utilizando os seguintes critérios: I) 60 minutos de zeros consecutivos como tempo de não-uso; II) Registro mínimo de oito horas de tempo de uso (≥ 480 minutos diários); III) Pelo menos quatro dias válidos de dados registrados pelo acelerômetro, sendo pelo menos um dia do final de semana. As estimativas do CS (tempo sedentário) e da AF de intensidade leve (AFL), moderada (AFM) e vigorosa (AFV) e dos seus respectivos padrões (*bouts*), foram calculadas a partir dos pontos de cortes para o vetor magnitude do *ActiGraph* propostos por Freedson et al. (1998).

Para AFL, AFM e AFV, os *bouts* foram o tempo em minutos consecutivos em atividade física (*drop time* = 1) assumindo as faixas nos seguintes intervalos: a) *bouts* de 1 a 2 minutos; b) *bouts* 3 a 4; c) *bouts* de 5 a 9 minutos; e d) *bouts* ≥ 10 minutos. Os *bouts* sedentários, foram os minutos ininterruptos em CS (*drop time* = 0) definidos nos seguintes intervalos de tempo: a) *bouts* de 1-29 minutos; b) *bouts* ≥ 30 minutos (Healy et al., 2008).

Para fins de análise, as informações do CS e AF foram convertidas em minutos diários (min.dia^{-1}), dividindo-se o tempo no respectivo comportamento (CS e/ou AF) pelo número de dias válidos de uso dos equipamentos.

2.3.4. Controle de Qualidade dos Dados

Para verificar o efeito da perda amostral, foi utilizado a análise de *drop-out* para avaliar os indivíduos da fase II que desistiram e os indivíduos que permaneceram na fase III (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Análise de abandono da amostra no acompanhamento.

Variáveis	Feminino			Masculino		
	Participaram em 2023 n = 19	Não participaram em 2023 n = 43	<i>p</i>	Participaram em 2023 n = 24	Não participaram em 2023 n = 43	<i>p</i>
Idade cronológica (anos)	22,2±1,9	22,4±1,7	0,87	22,6±1,51	22,5±1,5	0,66
Massa corporal (kg)	58,7±9,2	61,5±11,5	0,36	77,6±14,4	75,9±11,8	0,61
Estatura (cm)	165,4±7,3	164,9±6,5	0,76	176,0±6,9	176,7±7,4	0,91
IMC (kg/m ²)	21,4±2,4	22,6±3,8	0,22	24,9±3,55	24,3±3,1	0,62
CS (min.dia ⁻¹)	611,7±107,9	668,5±613,4	0,69	553,6±81,9	534,8±91,5	0,43
AFL (min.dia ⁻¹)	222,1±45,1	231,6±54,8	0,51	246,1±62,1	257,8±65,6	0,50
AFM (min.dia ⁻¹)	16,3±8,1	24,9±16,7	0,04	19,9±10,2	23,9±13,5	0,23
AFV (min.dia ⁻¹)	2,1±3,5	3,2±8,5	0,59	1,3±2,1	2,4±3,1	0,13
DMO total corpo (g/cm ²)	1,151±0,083	1,173±0,068	0,29	1,275±0,096	1,280±0,097	0,83
DMO quadril (g/cm ²)	1,154±0,139	1,169±0,128	0,68	1,179±0,110	1,220±0,135	0,21
DMO coluna lombar (g/cm ²)	1,148±0,108	1,158±0,098	0,71	1,308±0,170	1,338±0,153	0,47

Nota: IMC = Índice de massa corporal; CS = Comportamento sedentário; AFL = Atividade física leve; AFM = Atividade física moderada; AFV = Atividade física vigorosa; DMO = Densidade mineral óssea. Nível de significância de $p < 0,05$.

A variável AFM no sexo feminino foi a única a apresentar diferença estatística significativa no momento *baseline* entre os que participaram e não participaram da etapa *follow-up*.

Com base no tamanho amostral já descrito anteriormente, foram selecionados aproximadamente 40% da amostra, totalizando 18 participantes, divididos proporcionalmente de acordo com o sexo, para realizar uma segunda série de medidas sucessivas para a reprodutibilidade das medidas de DXA. Para verificar a extensão do erro do avaliador e da calibração do DXA foi usado o coeficiente de correlação intraclassa (CCI) para avaliar a consistência das medidas das variáveis de saúde óssea realizadas pelo equipamento DXA e pelo avaliador (Tabela 2.2), o qual observa a consistência das medidas (estabilidade), a partir dos resultados da análise de variância de medidas repetidas.

Tabela 2.2. Coeficiente de correlação intraclassa entre duas séries de medias repetidas das variáveis de DMO (n=18).

Variáveis	Média	Mínimo	Máximo	CCI	<i>p</i>
<i>DXA</i>					
DMO total corpo (g/cm ²)	0,995	0,992	0,999	0,997	<0,001
DMO quadril (g/cm ²)	0,974	0,954	0,994	0,984	<0,001
DMO coluna lombar (g/cm ²)	0,908	0,839	0,977	0,940	<0,001
<i>Avaliador</i>					
DMO total corpo (g/cm ²)	0,977	0,977	0,977	0,991	<0,001
DMO quadril (g/cm ²)	0,911	0,836	0,986	0,959	<0,001
DMO coluna lombar (g/cm ²)	0,988	0,979	0,998	0,994	<0,001

Nota: CCI = coeficiente de correlação intraclassa; DMO = Densidade mineral óssea. Nível de significância de $p < 0,05$.

Considerando que quanto maior for o valor de “r” do CCI menor será o erro de variância na observação das medidas repetidas, refletindo a estabilidade das nas observações. As variáveis de saúde óssea apresentaram uma alta reprodutibilidade (0,959 a 0,997), conforme classificação proposta por Vincent (1994).

2.6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para caracterização da amostra, foi utilizada a estatística descritiva com valores de média e desvio padrão. A normalidade dos dados foi observada através da assimetria e curtose. O Teste t independente foi utilizado para a comparação do *drop-out* dos participantes que permaneceram no estudo. Para a descrição da amostra, as comparações das variáveis antropométricas, da AF e da DMO entre o *baseline* e o *follow-up*, em ambos os sexos, foi utilizado o Teste t pareado. O *tracking* da AFL, AFM e AFMV e da DMO entre o *baseline* e o *follow-up* foi analisado mediante a aplicação dos valores contínuos das variáveis do estudo através do coeficiente de correlação intraclassa (CCI) com observações do intervalo de confiança de 95%, sendo os valores $< 0,30$ considerados baixos; entre 0,30 e 0,60 moderados; e $> 0,60$ altos (Malina, 2001). A ANCOVA, controlada por sexo e idade cronológica, foi utilizada para comparação entre os três grupos de trajetória da AFL, AFM e AFMV das diferenças entre o *baseline* e *follow-up* entre da DMO. A Correlação parcial de Pearson, por sexo e idade, foi utilizada para observar as relações entre os indicadores de força e resistência óssea com os diferentes *bouts* da AFL, AFM, AFMV e do índice de força, a taxa de deformação, $CSMI$ (mm^4), CSA (mm^2) e o módulo de seção Z (mm^3). A Regressão Linear ajustada por sexo e idade cronológica, foi empregada para observar as associações entre as diferenças longitudinais dos grupos de trajetória da AFL, AFM e AFMV e a DMO. Para observar as associações entre o delta dos indicadores de força e resistência com os *bouts* da AFL, AFM, AFMV e do CS, também foi empregada a regressão linear ajustada por sexo, idade e o tempo total de AF e de CS foram utilizados como variável de controle para as análises do CS e AF respectivamente. Para todas as análises de dados foi utilizado o *software* SPSS versão 25.0 e uma significância de 5% foi adotada.

CAPÍTULO 3

RESUMO

IMPACTOS LONGITUDINAIS DA ATIVIDADE FÍSICA E DO COMPORTAMENTO SEDENTÁRIO NA SAÚDE ÓSSEA DE ADULTOS JOVENS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Introdução: O acúmulo insuficiente de massa óssea durante a infância e adolescência até o início da idade adulta pode resultar em um baixo pico de massa óssea, levando a perdas acentuadas nos anos subsequentes. Por outro lado, acredita-se que a manutenção da atividade física (AF) e a redução do comportamento sedentário (CS) nessas fases podem atenuar estas perdas ao longo da vida, prevenindo principalmente doenças como a osteopenia e a osteoporose. **Objetivo:** Realizar uma revisão sistemática da literatura para avaliar os impactos longitudinais da AF e do CS nos indicadores de saúde óssea (ISO) em adultos jovens. **Metodologia:** Estudos publicados até agosto de 2023 no PUBMED, Scopus, Web of Science, Scielo e LILACS foram identificados. A busca identificou 3.274 artigos, e após os critérios de inclusão e exclusão e a avaliação dos riscos de viés, 17 estudos longitudinais foram incluídos. O risco de viés foi avaliado de acordo com Sallis, Prochaska e Taylor (2000): “sem associação”, “associação inconsistente” e “associação positiva e/ou negativa”. **Resultados:** Somente um estudo foi selecionado entre os períodos da infância e idade adulta, e os resultados mostraram uma ausência de associação entre a AF e os ISO, sendo os estudos classificados como inconsistentes. Associações positivas das diferentes intensidades da AF foram observadas nos períodos da adolescência e a idade adulta com o conteúdo mineral ósseo (CMO), a densidade mineral óssea (DMO) e a microarquitetura do osso, demonstrando as possíveis adaptações promovidas pela AF principalmente nos ossos corticais de sustentação e a fatores hormonais como o aumento do estrogênio e da testosterona durante a infância e a adolescência. No entanto, ao longo da idade adulta as associações foram classificadas como inconsistentes, uma vez que somente dois estudos foram localizados nas bases de dados. Quanto ao CS, somente dois estudos entre os períodos da infância e adolescência com a idade adulta foram encontrados nas bases de dados, com as evidências sendo classificadas como inconsistentes, ou seja, o papel do CS nos ISO parece não estar claro, apesar de os estudos apresentarem associações negativas entre o CMO e a DMO com o CS na infância, apontando para uma possível atenuação das atividades osteogênicas e das ações fisiológicas promovidas pela redução das cargas mecânica. No entanto a microarquitetura óssea durante a adolescência apresentou associações negativas e positivas em diferentes indicadores de força e resistência óssea. **Conclusão:** As evidências do efeito positivo da prática de AF e suas intensidades entre período da adolescência até a idade adulta com os ISO parecem estar mais consolidadas, principalmente nos rapazes, sendo necessário entender o papel das intensidades e do volume da AF na população feminina em todos os períodos observados, por outro lado são necessários novos estudos que busquem observar o impacto do CS nos diferentes períodos da vida sobre os ISO na idade adulta.

Palavras-chave: Massa óssea; microarquitetura óssea; ativo; inatividade física; sedentarismo.

3.1 INTRODUÇÃO

A compreensão do ganho de massa óssea durante a fase de crescimento corporal até o início da idade adulta representa um desafio científico significativo. Vários estudos foram conduzidos com o propósito de prever esse ganho e elucidar seus determinantes. Entre os diversos fatores determinantes do aumento da massa óssea, a atividade física (AF) e o comportamento sedentário (CS) têm sido objetos extensivos de investigação. Estudos transversais sugerem que a prática regular de AF está associada a benefícios nos indicadores de saúde óssea (ISO) (Hervás *et al.*, 2019; Kronhed *et al.*, 2002; Neville *et al.*, 2002; Oura *et al.*, 2016), ao passo que o CS pode ter apresentar efeitos adversos nesse aspecto (Chastin; Mandrichenko; Skelton, 2014; Mcveigh *et al.*, 2016).

O efeito protetor da AF sobre os ISO está intrinsecamente ligado ao equilíbrio homeostático entre a formação e a reabsorção do osso (Faienza *et al.*, 2020; Lombardi, Ziemann, Banfi, 2019), sendo mediado pelas tensões mecânicas resultantes das cargas impostas ao corpo (Goodship, 1986; Robling *et al.*, 2019) e pelo controle do mecanostato por meio de um sistema de feedback negativo (Frost, 2003).

O início da idade adulta é marcado pelo pico da massa óssea (PMO), um período marcado pelo acúmulo máximo de massa óssea até sua estabilização por volta do final da segunda e início da terceira década de vida (Baxter-Jones *et al.*, 2011; Weaver *et al.*, 2016; Zhu, Zheng, 2021). Este período é crucial para o acúmulo e a preservação da massa óssea ao longo da vida. A fragilidade dos ossos durante a adolescência e início da idade adulta podem resultar em PMO inferior ou em perdas acentuadas ao longo da vida, especialmente entre a população feminina (Weaver *et al.*, 2016).

Apesar das evidências que sustentam os benefícios da AF e os prejuízos do CS, sobretudo na infância e adolescência (Faienza *et al.*, 2020; Lombardi, Ziemann, Banfi, 2019; Koedijk *et al.*, 2017; Weaver *et al.*, 2016) nos diferentes ISO, há escassez de estudos que visam analisar as associações longitudinais das diferentes intensidades da AF nos ISO durante a idade adulta. Desta forma, torna-se imperativo examinar essas associações e compreender a contribuição da AF e do CS nos ISO durante os anos de aquisição e estabilização do PMO, mediante a compreensão dos efeitos do estresse mecânico provocado pela AF no conteúdo mineral ósseo (CMO) e na densidade mineral óssea (DMO), contribuindo para uma orientação mais efetiva para o ganho e a manutenção da massa óssea ao longo da vida.

Diante disto, o principal objetivo deste estudo consistiu em analisar longitudinalmente os impactos da AF e do CS nos indicadores de saúde óssea em adultos jovens, por meio de uma revisão sistemática da literatura.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. PROTOCOLO DO ESTUDO

Trata-se de uma revisão sistemática de estudos longitudinais que analisaram as associações entre a AF e CS entre a infância e o início da idade adulta com os indicadores de saúde óssea na idade adulta. O estudo foi realizado de acordo com a declaração *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses* – PRISMA (MOHER *et al.*, 2015) e o protocolo foi registrado no *International Prospective Register of Systematics Reviews* (PROSPERO) sob o número CRD42023405697.

3.2.2. ESTRATÉGIA DE BUSCA

A busca sistemática da literatura foi realizada em março de 2023 nas seguintes bases de dados: *PubMed/MEDLINE*; *Scopus*; *Web of Science*, *Scielo* e *Lilacs*. O princípio PICO (População, Intervenção, Comparação e Resultado) foi adaptado e utilizado para desenvolver uma estratégia de busca com base no objetivo da revisão (Canto, 2020). A estratégia de busca compreendeu as seguintes palavras-chave na língua inglesa combinadas com os operadores booleanos: "young adult" OR young OR adult OR child OR adolescent OR Youth AND "physical activity" OR "lifestyle activity" OR "activity time" OR "sedentary behavior" OR "sitting time" OR sedentary OR "physical inactivity" OR "sedentary time" OR "leisure time" OR "sedentary activities" AND "bone mass" OR "bone density" OR "bone mineral density" OR "bone densities" OR "bone mineral content" OR "bone mineral contents" OR "bone health" OR "bone strength" OR geometry OR microstructure OR architecture OR "hip structure analysis" OR "bone geometry" AND "longitudinal study" OR trajectory OR "developmental trajectories" OR "latent class analysis" sem a adição de filtros à busca. Nas bases de dados do Scielo e Lilacs as palavras-chave na língua portuguesa e espanhola foram utilizadas.

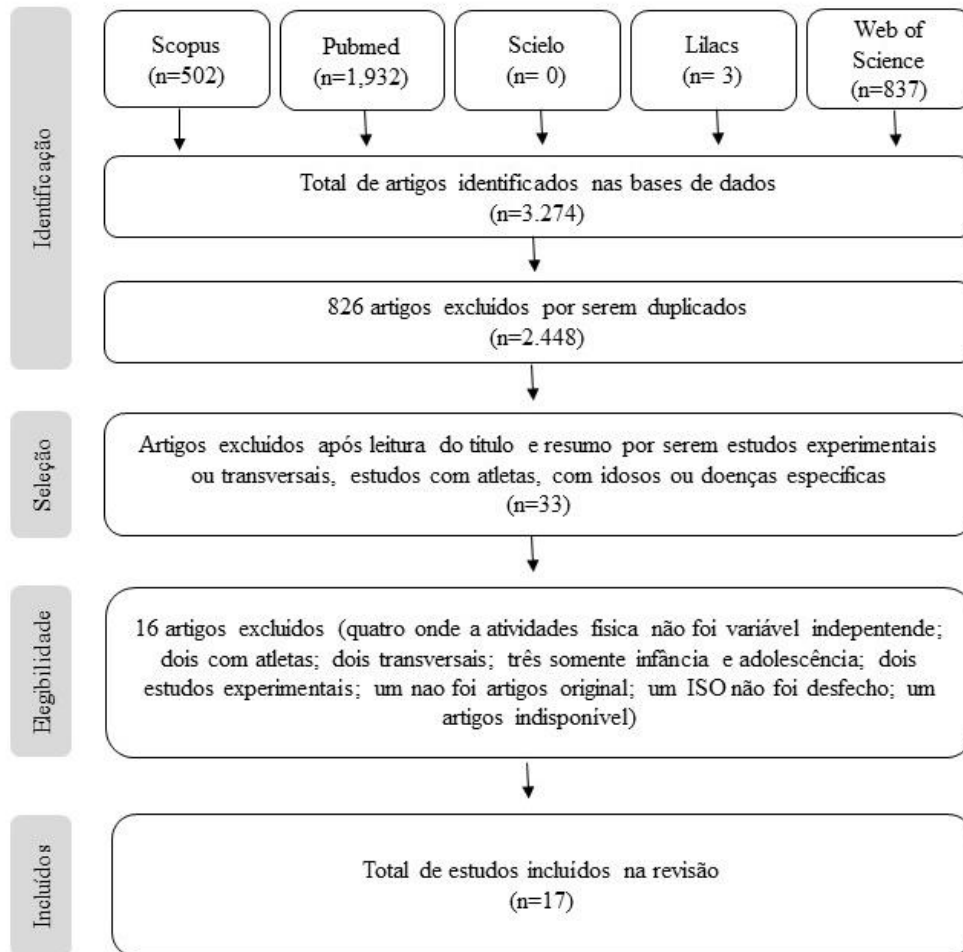
3.2.3. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Os estudos foram incluídos na revisão se atendessem aos seguintes critérios: (i) estudos longitudinais; (ii) que relataram medidas da AF e/ou CS durante a infância e/ou adolescência e o início da idade adulta; (iii) estudos que tinham o desfecho em saúde óssea; (iv) estudos originais escritos em português, inglês e espanhol. Foram excluídos estudos experimentais e transversais e estudos compostos por populações especiais/clínicas (por exemplo, atletas, idosos ou doenças específicas).

3.2.4. SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Os resultados da pesquisa foram baixados, analisados e os artigos duplicados foram excluídos usando o *software Rayyan QCRI*. O processo de seleção e avaliação dos artigos foi realizado por dois revisores independentes (JCC e CCLB), sendo procurado um terceiro revisor (ERVR) em caso de divergências. Primeiramente, os artigos foram triados e selecionados para elegibilidade com base no título, com posterior análise do resumo. Em seguida, o texto completo foi lido por dois revisores independentes (JCC e CCLB) e após a confirmação dos critérios de inclusão, os dados foram extraídos (Figura 3.1).

Figura 3.1 – Diagrama do processo de seleção dos estudos.



3.2.5. RISCO DE VIÉS ENTRE OS ESTUDOS

O risco de avaliação de viés dos estudos selecionados foi avaliado por dois revisores independentes (JCC e CCLB). As diferenças entre os revisores foram resolvidas por consenso mútuo e, se a discordância persistisse, a avaliação era realizada por um terceiro revisor (ERVR). A qualidade metodológica dos estudos incluídos foi avaliada usando a lista de verificação de avaliação crítica do Instituto Joanna Briggs (JBI) para Estudos de Coorte (Moola *et al.*, 2017). As decisões sobre pontuação foram acordadas por todos os revisores antes das avaliações críticas, e os estudos foram caracterizados de acordo com o seguinte: o risco de viés foi classificado como “alto” quando o estudo atingiu até 49% de pontuação “sim”; “moderado”

quando o estudo atingiu pontuação de 50% a 69% “sim”; e “baixo” quando o estudo atingiu mais de 70% de escore “sim” (Tabela 3.1).

3.2.6. EXTRAÇÃO DOS DADOS

Os artigos incluídos ao final do processo de revisão sistemática da literatura foram resumidos em uma tabela (Tabela 3.2) contendo informações: autor e ano de publicação, faixa etária e tamanho da amostra, objetivo do estudo, períodos observados, variável de exposição (AF e/ou CS e instrumento utilizado), variável de desfecho (indicadores de saúde óssea e instrumento utilizado), abordagem estatística utilizada e principais resultados. Para a categorização do nível de evidências, os resultados foram codificados utilizando a abordagem empregada por c (Tabelas 3.3 e 3.4), os resultados foram classificados como "sem associação" (0) se 0-33% dos estudos relataram uma associação significativa. Se 34-59% dos estudos relataram uma associação significativa, ou se menos de três estudos relataram o desfecho, o resultado foi classificado como associação inconsistente (?). Se $\geq 60\%$ dos estudos encontraram associação significativa, o resultado foi classificado como positivo (+) ou negativo (-), dependendo da direção da associação. O percentual de evidências foi obtido pela razão total de estudos associados pelo número total de estudos encontrados, análises estratificadas por sexo foram somadas individualmente.

Tabela 3.1 – Risco de viés dos estudos.

	VAN MECEHLEN et al., 1999	KEMPER et al., 2000	DELVAUX. et al., 2001	BAKKER et al., 2003	BAXTER-JONES et al., 2008	NILSSON et al., 2012	DUCKHAM et al., 2014	JACKOWSKI et al., 2014	BIELEMANN et al., 2014	LU et al., 2014	McVEIGH et al, 2016	GABEL et al., 2017	TAMME et al., 2019	METCALF et al., 2020	ELHAKHEEM et al., 2020	ROWLANDS et al., 2020	NG et al., 2022
1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
2	S	S	N	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S
3	N	N	S	N	S	N	S	S	S	N	N	S	S	N	N	S	N
4	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
5	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
6	NA	NA	NA	S	S	NA	NA	N	NA	S	NA	S	NA	S	NA	NA	NA
7	NC	NC	N	N	NC	NC	S	S	NC	N	N	S	N	NC	N	NC	NC
8	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
9	N	S	S	N	N	S	N	N	NC	S	S	S	N	NC	S	N	N
10	N	S	S	N	N	S	N	N	N	S	N	S	N	NC	NC	S	S
11	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
TOTAL/ITENS APLICAVEIS (N, NC e NA são excluídos da soma)	6/10	8/10	6/10	7/11	8/11	8/10	8/10	8/11	7/10	8/11	7/10	11/11	7/10	7/11	7/10	8/10	7/10
Nota:	1.Os dois grupos foram semelhantes e recrutados na mesma população? 2.As exposições foram medidas de forma semelhante para atribuir as pessoas aos grupos expostos e não expostos? 3.A exposição foi medida de forma válida e confiável? 4.Foram identificados fatores de confusão? 5.Foram estabelecidas estratégias para lidar com fatores de confusão? 6.Os grupos/participantes estavam livres do desfecho no início do estudo (ou no momento da exposição)? 7.Os resultados foram medidos de forma válida e confiável? 8. O tempo de acompanhamento relatado foi suficiente para que os resultados ocorressem? 9. O acompanhamento foi completo e, se não, as razões para a perda do acompanhamento foram descritas e exploradas? 10. Foram utilizadas estratégias para lidar com o acompanhamento incompleto? 11. Foi utilizada análise estatística apropriada? S = Sim; N = Não; NC = não está claro; NA = não se aplica.																

3.3. RESULTADOS

As estratégias de buscas em diferentes bases de dados culminaram na identificação de um total de 3.274 artigos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram considerados na seleção 17 estudos para integrar essa revisão sistemática (Figura 3.1). A síntese dos principais resultados obtidos está detalhada na Tabela 3.2.

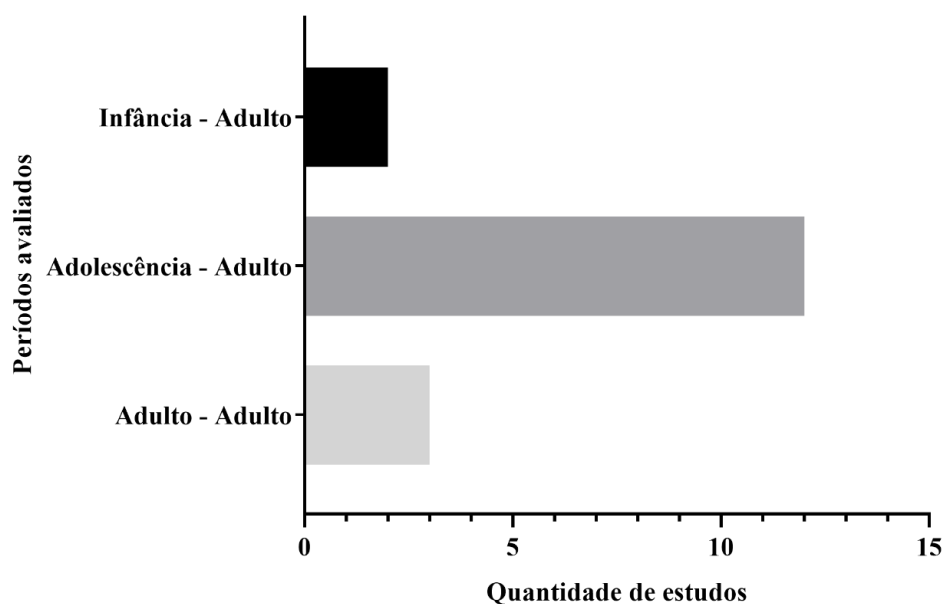
3.3.1. CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS

Após a leitura e análise dos 17 estudos selecionados, foi observado que 76,5% dos estudos apresentaram um baixo risco de viés, 23,5% um viés moderado e nenhum com alto risco de viés.

A maioria dos estudos foram realizadas no continente europeu (Bakker *et al.*, 2003; Delvaux *et al.*, 2001; Elhakeem *et al.*, 2020; Kemper *et al.*, 2000; Lu *et al.*, 2016; Nilsson *et al.*, 2012; Tamme *et al.*, 2019; Van Mechelen *et al.*, 1999), as coletas iniciaram-se próximo a década de 1970 (Bakker *et al.*, 2003; Delvaux, *et al.*, 2001; Kemper, *et al.*, 2000; Van Mechelen *et al.*, 1999), de 1980 (Lu *et al.*, 2016; McVeigh *et al.*, 2016; Ng *et al.*, 2022), de 1990 (Baxter-Jones, *et al.*, 2008; Bielemann *et al.*, 2014; Duckham *et al.*, 2014; Elhakeem *et al.*, 2020; Gabel *et al.*, 2017; Jackowski, *et al.*, 2014; Metcalf, *et al.*, 2020; Rowlands, *et al.*, 2020) e somente um estudo nos anos 2000 (Tamme *et al.*, 2019). Os estudos tiveram acompanhamentos entre três (Ng *et al.*, 2022) e 27 anos (Delvaux *et al.*, 2001). Ao todo, 11 diferentes amostras foram acompanhadas, sendo os dados oriundos dos projetos *The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study* (Bakker *et al.*, 2003; Kemper, *et al.*, 2000; Van Mechelen *et al.*, 1999), *Leuven Longitudinal Study on Lifestyle, Physical Fitness and Health* (Delvaux *et al.*, 2001), *Saskatchewan Pediatric Bone Mineral Accrual Study* (Baxter-Jones, *et al.*, 2008; Duckham *et al.*, 2014; Jackowski, *et al.*, 2014), *Gothenburg Osteoporosis and Obesity Determinants (GOOD) Study* (Nilsson *et al.*, 2012), *Pelotas Birth Cohort* (Bielemann *et al.*, 2014), *Fels Longitudinal Study* (Lu *et al.*, 2016), *The Western Australian Pregnancy Cohort (Raine) Study* (McVeigh *et al.*, 2016; Ng *et al.*, 2022), *Healthy Bones Study III* (Gabel *et al.*, 2017), *The Iowa Bone Development Study* (Metcalf *et al.*, 2020; Rowlands *et al.*, 2020), *The Avon Longitudinal Study* (Elhakeem *et al.*, 2020) e da cidade de Tartu (Tamme *et al.*, 2019).

Os estudos apresentaram diferentes períodos de acompanhamento (Figura 3.2). Dois estudos (11,7%) observaram os períodos entre a infância e a idade adulta (Lu *et al.*, 2016; McVeigh *et al.*, 2016), 12 estudos (70,7%) acompanharam entre a adolescência e a idade adulta (Van Mechelen *et al.*, 1999; Kemper *et al.*, 2000; Delvaux *et al.*, 2001; Baxter-Jones *et al.*, 2008; Bielemann *et al.*, 2014; Duckham *et al.*, 2014; Jackowski *et al.*, 2014; Gabel *et al.*, 2017; Tamme *et al.*, 2019; Elhakeem *et al.*, 2020; Metcalf *et al.*, 2020; Ng *et al.*, 2022; Rowlands *et al.*, 2020), e somente três (11,6%) realizaram acompanhamento longitudinal entre o início da idade adulta (Delvaux *et al.*, 2001; Bakker *et al.*, 2003; Nilsson *et al.*, 2012). Os participantes dos estudos apresentaram uma faixa etária entre os cinco (McVeigh *et al.*, 2016) e 40 anos de idade (Delvaux *et al.*, 2001).

Figura 3.2 – Frequência de períodos de acompanhamento dos estudos.



Dentre os estudos, somente um (5,9%) acompanhou apenas o sexo feminino (Delvaux *et al.*, 2001), dois (11,8%) somente o sexo masculino (Nilsson *et al.*, 2012; Tamme *et al.*, 2019) e a maioria dos estudos (82,3%) acompanharam ambos os sexos (Bakker *et al.*, 2003; Baxter-Jones *et al.*, 2008; Bielemann *et al.*, 2014; Duckham *et al.*, 2014; Elhakeem *et al.*, 2020; Gabel *et al.*, 2017; Jackowski *et al.*, 2014; Kemper *et al.*, 2000; Lu *et al.*, 2016; McVeigh *et al.*, 2016; Metcalf *et al.*, 2020; Rowlands, *et al.*, 2020; Van Mechelen *et al.*, 1999). Os tamanhos amostrais variaram de 99 (Jackowski *et al.*, 2014) a 3811 participantes (Bielemann *et al.*, 2014).

Tabela 3.2 – Descrição dos resultados dos estudos inseridos na revisão.

Autores	Participantes/periódos	Objetivo	AF e/ou CS (exposição) e ISO (desfecho)	Análise estatística	Resultado
1 - VAN ME-CHELEN et al., 1999	83 rapazes e 98 moças. Adolescência (13,14,15 e 16 anos) e idade adulta (21 e 27 anos). The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study (1977), Amsterdam - Holanda.	1 – Relação entre status de saúde na idade adulta com parâmetros de estilo de vida na adolescência; 2 – Relação longitudinal entre preditores do estilo de vida com os indicadores de status de saúde	AF por questionário (próprio) e foi calculado o gasto energético (MET). DXA Norland XR-26 (Aos 27 anos); DMO da coluna lombar.	Regressão linear e GEE para as relações longitudinais	Nos rapazes, a AF da adolescência relacionou-se com a DMO da coluna lombar nos adultos ($\beta = 0,18$; $p < 0,001$, $R^2 = 0,16$). Nas moças não foram observadas associações.
2 - KEMPER et al., 2000	148 rapazes e 159 moças. Adolescência (13 anos) e idade adulta (28 anos). The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study is longitudinal (1977), Amsterdam-Holanda.	Analisar medidas da composição corporal, aptidão e AF na adolescência e idade adulta e o impacto na DMO de adultos	AF=Questionário (próprio), MET/sem. e atividades de impacto, durante à adolescência e idade adulta. DXA Norland XR-26 (aos 28 anos); DMO coluna lombar, pescoço do fêmur e radio distal.	Regressão linear. Co-variáveis: sexo, massa corporal, estatura, somatório de dobras cutâneas, ingestão de cálcio e maturação biológica.	Nos rapazes a AF (MET) associou-se na adolescência com DMO coluna lombar (β ajustado = 0,40) e no adulto ($\beta = 0,24$); nas demais variáveis a AF não apresentou associação
3 - DELVAUX et al., 2001	126 rapazes. Adolescência (13 anos) e idade adulta (18 e 40 anos). Leuven Longitudinal Study on Lifestyle, Physical Fitness and Health (1974), Leuven-Belgica.	Examinar até que ponto a AF ao longo da vida e os parâmetros do estilo de vida contribuem para a massa óssea	AF=Questionário (BAECKE et al., 1982), domínios do trabalho, tempo livre e lazer durante adolescência (13 anos) e idade adulta (18 e 40 anos). DXA Hologic QDR 4500A (aos 40 anos); CMO corpo total e coluna lombar; DMO corpo total e coluna lombar.	Correlação de Pearson e regressão linear.	Nenhuma relação foi encontrada entre a AF na adolescência com a massa óssea na idade adulta.
4 - BAKKER et al., 2003	225 rapazes e 241 moças. Somente adulto (aos 27, 32 e 36 anos). The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study is longitudinal (1977), Amsterdam-Holanda.	Investigar a relação longitudinal entre AF e densidade mineral óssea lombar (LBMD) em indivíduos saudáveis ao longo de um período de 10 anos	AF=Questionário/Entrevista (próprio), intensidades calculadas por MET/sem. e foram classificadas em atividades de impacto por um score, aos 27, 32 e 36 anos. DXA Norland XR-(aos 26 e 32 anos) e Hologic QDR 2000 (36 anos); DMO coluna lombar.	Regressão linear. Co-variáveis: ingestão de cálcio e massa corporal.	Não foram encontradas relações em ambos os sexos entre AF (MET/sem) e DMO coluna lombar ($\beta = 0,007$, $p = 0,63$; ajustado $\beta = 0,010$, $p = 0,51$); AF de impacto nos rapazes associou-se com DMO coluna lombar ($R = 0,09$, $\beta = 0,040$).

Continuação Tabela 3.2

5 - BAXTER-JONES <i>et al.</i> , 2008	72 rapazes e 82 moças. Infância e adolescência (dos 8 aos 15anos) e idade adulta (23 aos 30 anos). The Saskatchewan Pediatric Bone Mineral Accrual Study (1991), Saskatoon - EUA.	Investigar se adolescentes fisicamente ativos mantiveram seu maior conteúdo mineral ósseo na terceira década de vida quando comparados a seus pares menos ativos.	AF=Questionário PAC-A (adolescência) e PAC-AD (adulto), intensidades moderada e vigorosa durante infância, adolescência e idade adulta. DXA Hologic QDR 2000 (aos 24 anos); CMO corpo total, coluna lombar, quadril, pescoço do fêmur.	ANOVA para comparar medidas AF e antropometria. ANCOVA para comparar os ISO após 1 anos do PVC. Correlação de Pearson. Covariáveis: massa corporal, estatura e PVC.	Rapazes ativos apresentaram maior CMO do corpo total (7,6%), quadril (7,8%) e pescoço do fêmur (8,9%) que os inativos. As moças ativas apresentaram maior CMO quadril (8,6%) e pescoço do fêmur (9,5%) que as inativas.
6 - NILSSON <i>et al.</i> , 2012	833 rapazes. Somente adulto (dos 19 aos 24 anos). Gothenburg Osteoporosis and Obesity Determinants (GOOD) Study, Gothenburg – Suécia.	Determinar se uma maior quantidade de AF durante um período de 5 anos foi associada ao aumento do CMO, DMO e vDMO do tamanho do osso cortical em rapazes adultos jovens	AF=Questionário próprio (KEMPER <i>et al.</i> , 2002), participação em esportes horas/sem. e atividades de impacto foram obtidas. DXA Lunar Prodigy (aos 19 e 24 anos); CMO corpo total, DMO corpo total, coluna lombar, quadril e radio não dominante. pQCT; DMO, CSA cortical, total CSA, circunferência endosteal e periosteal e SSI da tíbia e radio não dominantes.	Regressão linear. Covariáveis: tempo follow-up.	Análises com o DXA apontou que cada hora a mais de aumento AF em 5 anos de acompanhamento ouve um aumento do CMO corpo total ($\beta=5,4$; $r^2=0,01$), da DMO coluna ($\beta=0,005$; $r^2=0,06$), da DMO quadril ($\beta=0,004$; $r^2=0,06$), da área da coluna lombar ($\beta=0,08$; $r^2=0,03$), da área do pescoço do fêmur ($\beta=0,005$; $r^2=0,01$), enquanto que o pQCT apontou um aumento do CSA cortical ($\beta=0,36$; $r^2=0,02$), circunferência periosteal ($\beta=0,027$; $r^2=0,01$), CSA da tíbia ($\beta=0,49$; $r^2=0,09$) e o DMO trabecular ($\beta=0,59$; $r^2=0,02$).
7 - DUCKHAM <i>et al.</i> , 2014	49 rapazes e 73 moças. Infância e adolescência (8 a 15 anos) e idade adulta (18 a 34 anos). The Saskatchewan Pediatric Bone Mineral Accrual Study (1991), Saskatoon - EUA.	Investigar se adolescentes fisicamente ativos tinham maior tamanho, densidade, conteúdo e força óssea estimada no início da idade adulta quando comparados a seus pares que eram inativos durante a adolescência	AF=Questionário PAC-C na infância, PAC-A adolescentes e PAC-AD no adulto, inativo, na média, ativo durante infância e idade adulta. DXA (modelo não informado) na infância e adolescência (aos 7-15 anos); pQCT Stratec XCT 2000 no adulto (aos 18-34 anos); área total (ToA), área osso cortical (CoA), conteúdo mineral (CoC) densidade (ToD), área trabecular (TrA), densidade trabecular (TrD) e conteúdo trabecular (TrC) conteúdo da tíbia e do rádio. Para força usou índice de força óssea (BSI) e seção do módulo (SSIp).	ANOVA e ANCOVA; Covariáveis: estatura, área muscular e AF adulta.	Rapazes ativos na adolescência apresentaram 10% maior na ToA da tíbia (755 vs 688) e maior SSIp da tíbia (3687 vs 3249) em relação aos inativos. Enquanto que as moças ativas na adolescência apresentaram maior CoA (333 vs 304), maior CoC (369 vs 334) e SSIp (2325 vs 2147) na diáfise da tíbia e maior TrC (243 vs 221) na tíbia distal em relação as inativas.

Continuação Tabela 3.2

8 - JACKOWSKI <i>et al.</i> , 2014	55 rapazes e 44 moças. infância e adolescência (dos 8 aos 15 anos) e idade adulta (18 aos 30 anos). The Saskatchewan Pediatric Bone Mineral Accrual Study (1991), Saskatoon - EUA.	Investigar se a AF realizada por rapazes e moças durante a adolescência influencia na resistência estrutural do fêmur distal em adultos jovens.	AF=Questionário PAC-C (infância), PAC-A (adolescência) e PAC-AD (adulto), score de AF foi criado e classificado por quartil. DXA Hologic QDR- 2000 (aos 12 e 21 anos); o <i>HSA</i> foi utilizado, foram avaliadas as regiões do fêmur, espessura do pescoço (<i>NN</i>), intertrocanter (<i>IT</i>), o eixo do pescoço (<i>S</i>), área de sessão transversal (<i>CSA</i>) e módulo de seção (<i>Z</i>).	ANOVA e ANCOVA. Correlação de Pearson. Covariáveis: sexo e geometria óssea e PVC na adolescência, massa corporal, estatura e AF e massa magra do adulto.	Independente do sexo, os adolescentes ativos apresentaram maiores valores nas medidas geométricas com exceção ao <i>NN Z</i> , e na idade adulta com exceção na <i>NN Z</i> e <i>S Z</i> . Os adolescentes que realizavam maior AF, mesmo quando controlado por variáveis confundidoras (massa corporal, geometria no PVC, sexo, massa magra e AF no adulto), associou-se com <i>NN CSA</i> ($\beta=0,0004$), <i>NN Z</i> ($\beta=0,023$), <i>IT CSA</i> ($\beta=0,038$), <i>IT Z</i> ($\beta=0,030$) e <i>S CSA</i> ($\beta=0,063$) na idade adulta
9 - BIELE- MANN <i>et al.</i> , 2014	1866 rapazes e 1945 moças. Adolescência (11 e 15 anos) e idade adulta (18 anos). Pelotas Birth Cohort (1993), Pelotas-Brasil.	Avaliar a associação longitudinal entre AF na adolescência, e a DMO aos 18 anos.	AF no lazer = Questionário próprio e um total score de min/semana foi utilizado em quartil. Pico de tensão de carga por tipo de AF realizada no lazer. DXA Lunar Prodigy Advance (aos 18 anos); coluna lombar e pescoço do fêmur.	Regressão linear. Covariáveis: sexo, cor da pele, idade menarca e IMC.	Associações positivas foram observadas nos rapazes no terceiro quartil de AF com a DMO de coluna lombar ($\beta=0,02$ aos 11 anos; $\beta=0,03$ aos 15 anos) e para o terceiro e quarto quartil no fêmur ($\beta=0,04$ e $\beta=0,03$ aos 11 anos; $\beta=0,04$ e $\beta=0,06$ aos 15 anos respectivamente) aos 18 anos. Nas moças foram observadas associações aos 11 e 15 anos com o quarto quartil na coluna lombar ($\beta=0,02$) e com o fêmur no terceiro e quarto quartil aos 11 anos ($\beta=0,01$ e $\beta=0,03$ respectivamente) e no quarto quartil aos 15 anos ($\beta=0,03$). Todas as análises foram ajustadas pelas covariáveis.
10 - LU <i>et al.</i> , 2014	312 rapazes e 343 moças. Infância (8 anos) e idade adulta (30 anos). Fels Longitudinal Study (1984), Cambridge – Inglaterra.	Examinar os padrões de crescimento do CMO e da DMO, pico de massa óssea, efeitos da antropometria e da AF nos padrões de crescimento.	AF=Questionário; Baedeker Questionnaire of HPA (BQHPA), nas dimensões do trabalho, lazer e prática de esportes. DXA Hologic QDR 4500 e Lunar LPX (aos 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 30 anos); CMO corpo total e DMO corpo total.	Análise de trajetória. Covariáveis: idade e sexo.	A AF habitual avaliada pelo questionário não foi associada ao CMO ou a DMO do corpo total em ambos os sexos.

Continuação Tabela 3.2

11 - McVEIGH et al, 2016	614 rapazes e 567 moças. Infância (5, 8 e 10 anos), adolescência (14 e 17 anos) e idade adulta (20 anos). The Western Australian Pregnancy Cohort (Raine) Study (1989), Western Australia - Austrália.	Investigar a relação entre as trajetórias de assistir TV durante a infância e adolescência e a massa óssea aos 20 anos.	Tempo de TV = Questionário (Physical Activity and Nutrition Survey – AC-TPANS, 2007) aos 5, 8 10, 14 e 17 anos; AF=Questionário (IPAC-curto) aos 20 anos. DXA Norland XR-36 (aos 20 anos); CMO, área óssea e DMO do corpo total, membros superiores e inferiores.	Análise de classe latente para trajetórias do tempo de TV. ANOVA e ANCOVA. Covariáveis: massa corporal, estatura, massa óssea, escores de AF, ingestão de cálcio, vitamina D, álcool e consumo de cigarro.	Nos rapazes o grupo com menor tempo em assistir TV durante a infância e adolescência apresentou maior CMO total (3338 vs 3111; p=0,001), MI (612 vs 569; p=0,002) e MS (234 vs 214; p=0,004) e DMO dos braços (0,840 vs 0,820; p=0,026) aos 20 anos de idade comparado aos que mais assistiam TV. Nas moças, somente o CMO total (2708 vs 2610; p=0,008), MI (471 vs 447; p=0,007) e MS (160 vs 153; p=0,027) as que menos assistiam TV obtiveram maiores valores comparadas às que mais assistiam TV nos modelos que controlaram as todas as variáveis no adulto.
12 - GABEL et al., 2017	136 rapazes e 173 garotas. Adolescência (14 anos) e idade adulta (20 anos). Healthy Bones Study III (HBSIII) e UBC Pediatric Bone and Physical Activity Database (1999), Vancouver – Canadá.	Avaliar a associação entre AF e adaptações relacionadas ao crescimento na força óssea e seus determinantes na tibia distal e rádio.	AF e CS = Acelerometria (ActiGraph GT1M), pontos de corte Evenson (2008). pQCT XtremeCT (aos 14 e 20 anos) da tibia e radio distal. DMO total, número trabéculas, área transversal total do osso, DMO do osso cortical, porosidade e espessura.	Regressão multinível. Covariáveis: potência de MI, massa magra, comprimento dos braços e ingestão de cálcio.	Independente do sexo o tempo sedentário foi um preditor independente negativo de área total na tibia ($\beta = -58,9$) e um preditor positivo da espessura cortical ($\beta = 0,10$), espessura trabecular ($\beta = 0,006$) e densidade mineral óssea cortical ($\beta = 24,7$) na tibia. A AFMV foi um preditor positivo do volume do rádio ($\beta = 0,006$) e da tibia ($\beta = 0,005$), da porosidade da tibia ($\beta = 0,8$), da área transversal total do osso da tibia ($\beta = 40,7$) e da força óssea da tibia ($\beta = 297,3$) e do rádio ($\beta = 100,2$).
13 - TAMME et al., 2019	88 rapazes. Adolescência (12, 13 e 14 anos) e idade adulta (18 anos). Tartu (2009) – Estônia.	Investigar se as diferentes intensidades da AF durante o período puberal estão relacionadas com as características minerais ósseas em indivíduos com 18 anos de idade	AF=Acelerometria (ActiGraph GT1M e GT3X), utilizou pontos de corte para intensidades da AF, pontos de corte Evenson (2008). DXA Hologic QDR Series (aos 18 anos); DMO e CMO corpo total, DMO coluna lombar, pescoço do fêmur e a área óssea.	Correlação de Spearman e Regressão múltipla.	A AF total na puberdade, juntamente com a massa corporal média da puberdade, associou-se com a DMO total do corpo ($r^2 = 0,35$) e do CMO pela estatura ($r^2 = 0,48$) em indivíduos aos 18 anos de idade. AF vigorosa e massa corporal na puberdade associaram-se a DMO do colo do fêmur ($r^2 = 0,43$); idade óssea aos 12 anos, AF vigorosa e massa corporal na puberdade associaram-se com o CMO no pescoço do fêmur ($r^2 = 0,47$) aos 18 anos de idade. Não foram observadas associações com a coluna lombar.

Continuação Tabela 3.2

14 - METCALF <i>et al.</i> , 2020	219 rapazes e 220 moças. Adolescência (11, 13, 15 e 17 anos) e idade adulta (19 anos). The Iowa Bone Development Study (1998), Iowa – EUA.	Avaliar a magnitude e a consistência das relações longitudinais entre a AF vigorosa medida por acelerometria e os resultados de resistência óssea estrutural ao longo da adolescência até o início da idade adulta.	AF=Acelerometria (Actigraph 7164 aos 11 e 13 anos, GT1M aos 15 anos e GT3X+ aos 17 e 19 anos), utilizou pontos de corte para intensidades da AF (Evenson, 2008), somente AF vigorosa foi analisada e foi utilizado o percentil 25 e 75 para classificação dos grupos de AFV. DXA Hologic QDR 4500A (aos 11, 13, 15, 17 e 19 anos); HSA analisou no pescoço do fêmur a área de secção transversal (CSA) e o módulo Z; pQCT Stratec XCT 2000/3000; analisou o índice de força óssea (BSI), índice de deformação óssea (pSSI).	Análise de trajetória. Covariáveis: massa corporal, estatura e idade biológica.	O acúmulo de 5 minutos diários durante a adolescência de AFV associou-se com o aumento de até 3% nos rapazes e 5,1% nas moças na resistência estrutural (BSI e pSSI) e na geometria estrutural (seção modulo Z e CSA do fêmur) na idade adulta. Nas moças, aquelas que mudaram do percentil 25 para o 75 resultou em um aumento na BSI entre os 11 e 19 anos de 5,2% a 6,2%.
15 ELHAKEEM <i>et al.</i> , 2020	- 981 rapazes e 1588 moças. Adolescência (12, 14 e 16 anos) e idade adulta (25 anos). The Avon Longitudinal Study (1991), Inglaterra.	Investigar a associação do tempo gasto em AF de intensidade moderada a vigorosa e de intensidade leve durante a adolescência com o pico de força do quadril na idade adulta.	AF=Acelerometria (Actigraph AM7164), AF foi classificada em leve e moderada a vigorosa. AF gravitacional foi obtida e dividido em 4 bandas (0.5g até ≤1,1g, >1,1g até ≤3,1g, >3,1g até ≤5,1g, and >5,1g). DXA GE Lunar Prodigy (aos 25 anos); DMO quadril e pescoço do fêmur, o HSA foi utilizado para obter o CSA, o módulo de seção Z, a seção transversal do momento de inercia (CSMI) e espessura do pescoço do fêmur.	Análise latente de trajetória e análise de regressão linear. Covariáveis: Etnia, sexo, posição socioeconômica, adiposidade e massa muscular.	Foram identificados 3 grupos de trajetórias nas AF leve e AF moderada a vigorosa da adolescência a idade adulta. Nos rapazes, o grupo AFMV os gradientes de alta intensidade de AF apresentou maior DMO de quadril, (DMO pescoço do fêmur, 0,38 g.cm ² [IC95%, 0,11-0,66 g.cm ²] e DMO total do quadril 0,43 g.cm ² [IC95%, 0,15- 0,71 g/cm ²]) e o grupo de AFM (DMO pescoço do fêmur, 0,33 g.cm ² [IC95%, 0,07-0,60 g.cm ²] e DMO total do quadril 0,35 g.cm ² [IC95%, 0,09-0,62 g.cm ²]) e nos demais indicadores de microarquitetura óssea CSA, CSMI e modulo de seção Z. Nas moças, o grupo AFMV os gradientes de alta intensidade de AF apresentou alta DMO no pescoço do fêmur, 0,28 g.cm ² [IC95%, 0,15 a 0,41 g.cm ²]; DMO total do quadril, 0,25 g.cm ²) [IC95%, 0,12-0,38 g.cm ²]).

Continuação Tabela 3.2

16 ROWLANDS <i>et al.</i> , 2020	- 96 rapazes e 124 moças. Adolescência (17 anos) e idade adulta (19, 21 e 23 anos). The Iowa Bone Development Study (1998), Iowa – EUA.	Investigar a importância relativa do volume e intensidade da AF acumulada durante o final da adolescência para a saúde óssea aos 23 anos;	AF=Acelerometria (ActiGraph GT3X+), foi criado à aceleração média (mg) e um gradiente de intensidade de minutos por dia. DXA Hologic QDR 4500A (aos 23 anos); CMO e DMO do quadril e coluna lombar. O <i>HSA</i> foi utilizado e foram obtidos o <i>CSA</i> , <i>CSMI</i> e o módulo de seção Z.	Regressão múltipla. Covariáveis: sexo, idade adulta, estatura, massa corporal e PVC.	Independente do sexo, o volume e as intensidades da AF foram associados com DMO do quadril ($\beta=0,006$) e o CMO do corpo total ($\beta=12,990$). Nos rapazes, AF de alta intensidade foram associadas a DMO da coluna vertebral ($\beta=0,127$) e a intensidade foi associado independente do volume com a microarquitetura do quadril, CSA ($\beta=0,021$) e módulo de seção Z ($\beta=0,014$).
17 – NG <i>et al.</i> , 2022	401 rapazes e 425 moças. Adolescência (17 anos) e idade adulta (20 anos). The Western Australian Pregnancy Cohort (Raine) Study (1989), Western Australia - Australia.	Investigar como os escores de carga mecânica de AF, avaliados nas idades de 17 e 20 anos, se comparam com a AF medida em METs e se estão associados à massa óssea na idade de 20 anos.	AF=Questionário (IPAQ). Criado um score de carga mecânica a partir da AF. DXA Norland XR-36 (aos 20 anos); CMO e DMO do corpo total, braços e pernas.	Anova, Qui-quadrado e correlação de Spearman e Regressão linear. Covariáveis: sexo, IMC adulto, tabagismo, ingestão de álcool, cálcio e vitamina D.	Independente do sexo, observou-se associação entre a AF na adolescência com o CMO dos braços ($\beta=7,25$; IC95%=2,17-12,33) DMO do corpo total ($\beta=0,010$; IC95% 0,002-0,017), dos braços ($\beta=0,013$; IC95%=0,007-0,019) e das pernas ($\beta=0,010$; IC95%=0,001-0,019) na idade adulta controlando o IMC e o sexo. Ao realizar o ajuste pelas outras variáveis de controle somente os braços apresentou associações positivas com o CMO ($\beta=4,93$; IC95%=0,025-9,60) e a DMO ($\beta=0,011$; IC95%=0,005-0,0017). O score de carga mecânica associou-se com o CMO do corpo total ($\beta=41,25$), dos braços ($\beta=8,58$) e das pernas ($\beta=19,47$) e com a DMO do corpo total ($\beta=0,011$), dos braços ($\beta=0,011$) e das pernas ($\beta=0,017$).

3.3.2. MÉTODOS UTILIZADOS PARA OBTER AS VARIÁVEIS DE AF E CS

A maioria dos estudos (84,2%) avaliaram somente a AF como variável de exposição e destes, 11 estudos utilizaram de questionários para observar o nível de AF (Bakker *et al.*, 2003; Baxter-Jones *et al.*, 2008; Bielemann *et al.*, 2014; Delvaux *et al.*, 2001; Duckham *et al.*, 2014; Jackowski *et al.*, 2014; Kemper *et al.*, 2000; Lu *et al.*, 2016; Ng *et al.*, 2022; Nilsson *et al.*, 2012; Van Mechelen *et al.*, 1999), enquanto cinco estudos utilizaram a acelerometria (Gabel *et al.*, 2017; Tamme *et al.*, 2019; Metcalf *et al.*, 2020; Elhakeem *et al.*, 2020, Rowlands *et al.*, 2020). Todos os estudos mediram a AF em pelo menos em dois períodos.

Para o CS, um estudo (10,5%) utilizou questionário (McVeigh *et al.*, 2016), tendo o tempo de televisão (TV) como indicador de CS e outro estudo (Gabel *et al.*, 2017) utilizou a acelerometria para obter as informações do CS. Ambos os estudos realizaram a medida do CS em pelo menos dois períodos.

3.3.3. MÉTODOS UTILIZADOS PARA OBTER OS INDICADORES DE SAÚDE ÓSSEA

Para avaliar as variáveis de desfecho (ISO) a maioria dos estudos (88,9%) utilizaram a absorciometria de raios X de dupla energia (DXA) para obter informações das variáveis de CMO e DMO (Bakker *et al.* 2003; Bielemann *et al.* 2014; Delvaux *et al.*, 2001; Duckham *et al.*, 2014; Elhakeem *et al.*, 2020; Jackowski *et al.*, 2014; Kemper *et al.*, 2000; Lu *et al.*, 2016; McVeigh *et al.*, 2016; Metcalf *et al.*, 2020; Ng *et al.*, 2022; Nilsson *et al.*, 2012; Rowlands *et al.*, 2020; Tamme *et al.*, 2019; Van Mechelen *et al.*, 1999), enquanto dois estudos (11,1%) adotaram a tomografia computadorizada quantitativa periférica (pQCT) como método para obtenção dos indicadores de saúde óssea (Duckham *et al.*, 2014; Gabel *et al.*, 2017).

Somente cinco estudos (27,78%) realizaram a medida dos indicadores de saúde óssea em dois momentos (Duckham *et al.*, 2014; Gabel *et al.*, 2017; Jackowski *et al.*, 2014; Lu *et al.*, 2016; Metcalf *et al.*, 2020), o restante dos estudos realizou a medida somente em um momento na idade adulta.

Recentemente, estudos têm utilizado o método de análise estrutural do quadril (HSA) para observar a microarquitetura do osso, método que utiliza os dois perfis dimensionais de

massa óssea derivados da *DXA*, ou do volume apresentado pela *pQCT*, para estimar as propriedades geométricas do osso. Dos 17 estudos selecionados, sete (41,2%) utilizaram a microarquitetura óssea como variável de desfecho (Duckham *et al.*, 2014; Elhakeem *et al.*, 2020; Gabel *et al.*, 2017; Jackowski *et al.*, 2014; Metcalf *et al.*, 2020; Nilsson *et al.*, 2012; Rowlands *et al.*, 2020), com três estudos utilizando o *pQCT* (Duckham *et al.*, 2014; Gabel *et al.*, 2017; Nilsson *et al.*, 2012) e quatro utilizando a *DXA* (Elhakeem *et al.*, 2020; Jackowski *et al.*, 2014; Metcalf *et al.*, 2020; Rowlands *et al.*, 2020).

3.3.4. PRINCIPAIS RESULTADOS

Os principais resultados desta revisão encontram-se descritos na Tabela 3.3, para as associações entre a AF e os ISO. Entre os períodos da infância e início da idade adulta não foram observadas associações significantes ou foram classificadas como inconsistentes entre a prática de AF com o CMO, a DMO e a microarquitetura óssea na idade adulta. Por outro lado, entre os períodos da adolescência e idade adulta, associações positivas foram encontradas entre a AF, CMO, DMO e microarquitetura óssea.

Tabela 3.3 – Síntese do nível das associações dos estudos entre a AF e os ISO (n=15).

Períodos das associações	Estudos associados com a AF		Estudos não associados com a AF		Sumário	
	Referência	Associação	Referência	Evidência	Estudos (%)	
Infância para adulto						
CMO			Lu <i>et al.</i> , (2016).	0	0/1 (0)	
DMO			Lu <i>et al.</i> , (2016).	0	0/1 (0)	
Adolescência para adulto						
CMO	Baxter-Jones <i>et al.</i> , (2008) (M/F); Tamme <i>et al.</i> , (2019); Rowlands <i>et al.</i> , (2020) (M/F); Ng <i>et al.</i> , (2022).	Positiva	Delvaux <i>et al.</i> , (2001) (F).	+	6/7 (80)	
DMO	Van Mechelen <i>et al.</i> , (1999) (M); Kemper <i>et al.</i> , (2000) (M); Bielemann <i>et al.</i> , (2014) (M/F); Tamme <i>et al.</i> , (2019); Elhakeem <i>et al.</i> , (2020) (M/F); Rowlands <i>et al.</i> , (2020); Ng <i>et al.</i> , (2022).	Positiva	Van Mechelen <i>et al.</i> , (1999) (F); Kemper <i>et al.</i> (2000) (F); Delvaux <i>et al.</i> , (2001) (F);	+	10/13 (80)	
Microarquitetura Óssea	Duckham <i>et al.</i> , (2014) (M/F); Jackowski <i>et al.</i> , (2014), Gabel <i>et al.</i> , (2017); Metcalf <i>et al.</i> , (2020) (M/F); Elhakeem <i>et al.</i> , (2020) (M); Rowlands <i>et al.</i> , (2020) (M).	Positiva	Rowlands <i>et al.</i> , (2020) (F).	+	8/9 (87)	
Adulto para adulto						
CMO	Nilsson <i>et al.</i> , 2012) (M); Delvaux <i>et al.</i> , (2001) (F).	Positiva		?	2/2 (100)	
DMO	Nilsson <i>et al.</i> , 2012) (M); Bakker <i>et al.</i> , (2003) (M).	Positiva	Bakker <i>et al.</i> , (2003) (M/F).	?	2/4 (50)	
Microarquitetura Óssea	Nilsson <i>et al.</i> , 2012) (M).	Positiva		?	1/1 (100)	

Nota: CS = comportamento sedentário; ISO = indicadores de saúde óssea; CMO = conteúdo mineral ósseo; DMO = densidade mineral óssea; M = sexo masculino; F = sexo feminino; 0 = sem associação; ? = associação inconsistente; + = associação positiva.

Tabela 3.4 - Sínteses do nível das associações dos estudos entre o CS e os ISO (n=2).

Períodos das associações	Estudos associados com o CS		Estudos não associados com o CS	Sumário	
	Referência	Associação	Referência	Evidência	Estudos (%)
Infância para adulto					
CMO	McVeigh <i>et al.</i> , (2016) (M/F).	Negativa		?	2/2 (100)
DMO	McVeigh <i>et al.</i> , (2016) (M).	Negativa	McVeigh <i>et al.</i> , (2016) (F).	?	1/2 (50)
Adolescência para adulto					
Microarquitetura Óssea	Gabel <i>et al.</i> , (2017).	Negativa / Positiva		?	1/1 (100)

Nota: CS = comportamento sedentário; ISO = indicadores de saúde óssea; CMO = conteúdo mineral ósseo; DMO = densidade mineral óssea; M = sexo masculino; F = sexo feminino; ? = inconsistente.

Para a associação entre o CS e os ISO (Tabela 3.4), não foram encontrados estudos que avaliaram dois períodos durante a idade adulta. A associação do CS com os ISO entre a infância e a idade adulta foi inversa, exceto para a DMO nas moças que não apresentaram associação, sendo a evidência classificada como inconsistentes. Entre a adolescência e a idade adulta, somente um estudo foi localizado, o qual verificou associação do CS com a microarquitetura óssea, e os resultados foram negativos para a área total e a força óssea da tíbia e de forma inesperada associações positivas para alguns indicadores de microarquitetura óssea (espessura trabecular, espessura cortical e a DMO cortical) foram encontradas.

3.4. DISCUSSÃO

O objetivo principal deste estudo foi realizar uma revisão sistemática da literatura e observar os impactos longitudinais da AF e do CS nos indicadores de saúde óssea em adultos jovens. Como principais resultados foi observado associações positivas entre a AF realizada durante a adolescência e início da idade adulta com o CMO, a DMO e a microarquitetura do osso em adultos. Quanto ao CS, os estudos apresentaram associações negativas do CS durante os períodos da infância e adolescência com o CMO, a DMO e a microarquitetura do osso em adultos.

Esses resultados sugerem que a adaptação estrutural óssea através da AF na adolescência pode ser mantida até a idade adulta, no entanto, a maior dificuldade dos pesquisadores que buscam entender o papel da AF sobre os ISO é identificar e entender se o volume ou a intensidade das atividades promovem benefícios a massa óssea ao longo do tempo e se independente destes índices o CS tem algum efeito sobre os ISO. Ao longo dos anos a literatura vem apontando que o efeito osteogênico da AF parece ser específico em diferentes locais anatômicos, ocorrendo principalmente naqueles que são expostos a cargas mecânicas (Tamme *et al.*, 2019; Duckham *et al.*, 2014). Além disso, cada região parece necessitar de um limiar específico de estímulo mecânico para sua resposta (Rowlands *et al.*, 2020).

Desta forma, apesar das diferentes características e dos métodos de medidas da AF, do CS e dos ISO observadas entre os estudos selecionados, esta revisão buscou sintetizar e debater principais resultados encontrados na literatura mantendo a característica populacional de cada amostra.

3.4.1. ASSOCIAÇÕES DA AF E CS COM OS ISO ENTRE O PERÍODO DA INFÂNCIA E A IDADE ADULTA

O único estudo que observou as associações da AF com os ISO entre a infância e a idade adulta foi o realizado por Lu *et al.* (2016). Os autores analisaram a trajetória do CMO e da DMO do corpo total entre a infância (oito anos de idade) e a idade adulta (30 anos de idade) na população inglesa e não observaram efeito significativos da AF sobre os ISO. Uma das possíveis explicações para este resultado reside no fato de que, durante este período da vida, as

medidas antropométricas se mostraram preditores mais robustos do aumento do CMO e da DMO do que os diferentes contextos da prática de AF. Além disso, o uso de questionários para obter informações sobre a AF impossibilitou a diferenciação das diferentes intensidades, o que pode ter influenciado a capacidade de identificar associações significativas.

Em outro estudo, verificou-se que o CS durante a infância parece desempenhar um papel inverso no ganho do CMO e da DMO em diferentes regiões anatômicas (corpo total, membros superiores e inferiores) durante a idade adulta (McVeigh *et al.*, 2016). Os autores observaram, por meio de questionário recordatório, que indivíduos que assistiam TV por mais de 14 horas por semana tiveram um pico menor de CMO em ambos os sexos e de DMO nos rapazes, independentemente do nível de AF. Estes achados podem ser explicados por mecanismos indiretos e diretos. O primeiro está associado à redução das atividades osteogênicas, uma vez que o tempo gasto em CS substituiria o envolvimento em atividades osteogênicas. O segundo refere-se ao efeito direto do tempo prolongado em CS, causando a redução da carga mecânica e desencadeando alterações fisiológicas no metabolismo ósseo. Esse processo resultaria no aumento da reabsorção óssea, contribuindo para a redução do CMO (McVeigh *et al.*, 2016). Tais evidências ressaltam a importância de considerar não apenas a AF, mas também o CS, ao avaliar os impactos no desenvolvimento ósseo ao longo da vida.

Alguns estudos, como os conduzidos por Baxter-Jones *et al.* (2008), Duckham *et al.* (2014) e Jackowski *et al.* (2014), iniciaram sua coleta de dados durante o período da infância. No entanto, ao realizar suas análises, os autores optaram por agrupar as faixas etárias, tratando todos os participantes como adolescentes. Essa abordagem pode representar um desafio, uma vez que a categorização uniforme dificulta comparações específicas com o período da infância. Ao agrupar as idades, nuances importantes podem ser perdidas, e a transição entre a infância e a adolescência, que é caracterizada por mudanças significativas no desenvolvimento ósseo, pode não ser adequadamente capturada. Essa estratégia analítica pode impactar a interpretação dos resultados e a generalização das conclusões para diferentes fases do desenvolvimento. Portanto, é crucial reconhecer essa limitação ao considerar as implicações desses estudos para a compreensão do papel da AF e do CS no desenvolvimento ósseo durante a transição da infância para a adolescência.

Apesar da existência de evidências moderadas sobre os benefícios da AF nos ISO em crianças e adolescentes (Piercy *et al.*, 2018; WHO, 2020), esta revisão identificou apenas um estudo que investigou se a AF na infância está associada a benefícios nos ISO em adultos. Os resultados desse estudo indicaram a ausência de associação da AF com o aumento do CMO e

da DMO na idade adulta (Lu *et al.*, 2016). Por outro lado, as evidências disponíveis apontam para o efeito negativo do CS (McVeigh *et al.*, 2016) sobre os indicadores de CMO e o DMO. Contudo, é crucial destacar a escassez de estudos longitudinais, especialmente, de intervenções, que explorem esses indicadores. Além disso, há uma lacuna significativa na literatura em relação ao impacto específico da AF e do CS na microarquitetura óssea durante a transição da infância para a idade adulta.

3.4.2. ASSOCIAÇÕES DA AF E O CS COM OS ISO ENTRE O PERÍODO DA ADOLESCÊNCIA E A IDADE ADULTA

O período compreendido entre a adolescência e a idade adulta emerge como uma fase de considerável interesse, destacando-se pelo maior número de estudos e associações positivas entre o CMO, a DMO e a microarquitetura do osso com a AF. Baxter-Jones *et al.* (2011) apontam que a adolescência é caracterizada como o momento de maior incremento do CMO e DMO, principalmente nos anos próximos ao pico de velocidade do crescimento. Este notável ganho está intrinsecamente ligado ao aumento dos níveis do hormônio do crescimento (GH) e dos esteroides sexuais gonadais durante a adolescência, os quais estimulam os osteoblastos, promovem a síntese do colágeno e impulsionam o crescimento longitudinal dos ossos (Chew; Clarke, 2018). A convergência desses fatores hormonais durante essa fase crucial do desenvolvimento contribui para a otimização da saúde ossea, conferindo à adolescência um papel fundamental no estabelecimento do PMO e na configuração da trajetória do esqueleto ao longo da vida adulta.

O volume total de AF realizado parece desempenhar um papel significativo na contribuição global para a massa óssea, conforme evidenciado por estudos recentes. Tamme *et al.* (2019) e Rowlands *et al.* (2020) destacam que o CMO total do corpo apresenta ganhos substanciais em torno de 13 g/cm² ao longo dos anos, em ambos os sexos. Além disso, há indícios de que os rapazes mais ativos podem alcançar ganhos de 7% a 9% a mais de CMO em regiões que suportam o peso corporal, como o quadril e o pescoço do fêmur, quando comparados aos menos ativos (Baxter-Jones *et al.*, 2008). Esses resultados sublinham a importância do volume total de AF na promoção do desenvolvimento e fortalecimento da massa óssea, especialmente em regiões críticas para a sustentação do corpo, ressaltando benefícios relevantes por aqueles que adotam estilos de vida mais ativos.

De maneira análoga, as diferentes intensidades da AF demonstram influenciar os ganhos no CMO em diferentes regiões anatômicas, especialmente nas áreas que suportam o peso corporal. Por exemplo, em uma amostra masculina, Tamme *et al.* (2019), utilizando acelerometria, observaram que a AF de intensidade vigorosa (minutos/dia) estava positivamente associada com o CMO do fêmur. Da mesma forma, Ng *et al.* (2022), ao empregar um indicador de força de reação contra o solo para avaliar a atividade física osteogênica, observaram um aumento do CMO, independente do sexo, nos membros superiores (8 g/cm²), nos membros inferiores (19 g/cm²) e no corpo total (41 g/cm²) em indivíduos classificados com o maior nível de AF de impacto, conforme obtido por questionário. Esses resultados reforçam a importância de considerar não apenas a frequência total da AF, mas também a intensidade específica, ao avaliar os efeitos benéficos sobre o desenvolvimento os ISO em diversas regiões do corpo.

Um dos aspectos que chama a atenção nestes estudos reside na compreensão do papel das diferentes intensidades (leve, moderada e vigorosa) e do volume (tempo total independente da intensidade) da AF sobre os ISO. Indivíduos que ao longo do tempo realizaram um alto volume de AF apresentaram um aumento significativo principalmente no CMO total do corpo, indicando que o volume pode ser um indicador de ganho global de massa óssea no esqueleto humano, independente do sexo. Por outro lado, as AF de maiores intensidades parecem ser benéficas para regiões específicas do corpo, principalmente aquelas que suportam cargas corporais como o fêmur e os membros inferiores.

No caso da DMO, os resultados desta revisão apontam para uma associação positiva entre a prática de AF no período da adolescência e a DMO na idade adulta. Nos rapazes, tanto a intensidade quanto o volume de AF realizados na adolescência parecem ter um impacto direto na DMO durante a idade adulta em diferentes regiões anatômicas como coluna lombar, fêmur, quadril e membros inferiores (Van Mechelen *et al.*, 1999; Kemper *et al.*, 2000; Bielemann *et al.*, 2014; Tamme *et al.*, 2019; Elhakeem *et al.*, 2020; Rowlands *et al.*, 2020; Ng *et al.*, 2022), mesmo quando os indivíduos apresentaram uma redução no tempo gasto em AF (Elhakeem *et al.*, 2020).

Nas moças, a compreensão dos benefícios das diferentes intensidades da AF sobre o DMO parece ainda não estar completamente clara. Estudos como os de Van Mechelen *et al.* (1999), Kemper *et al.* (2000) e Rowlands *et al.* (2020) não observaram uma associação entre a AF e a DMO da região da coluna lombar. Segundo os autores, o baixo nível de AF praticado pelas moças durante a adolescência pode ter influenciado diretamente nos resultados dos ISO

na idade adulta. Uma possível explicação para esses resultados reside na hipótese de que estímulos mecânicos abaixo do limiar do osso, como o alto tempo em comportamento sedentário, poderiam desencadear a remodelação óssea e, assim, remover o osso considerado desnecessário (Roblin, 2016).

Por outro lado, evidências sugerem que o volume da AF está associado a DMO, principalmente nas regiões do quadril e do fêmur, áreas fundamentais para o suporte da carga corporal. Bielemann *et al.* (2014) observaram que meninas de 11 anos pertencentes ao tercil de maior volume de AF, especialmente associado a atividades de maior impacto do solo, apresentaram uma associação positiva com a DMO do colo femural. Além disso, Elhakeem *et al.* (2020) observaram que, em moças, a AF de intensidade moderada a vigorosa realizada durante a adolescência teve mais impacto na DMO do quadril do que a AF praticada atualmente. Esses resultados corroboram a hipótese de que a adolescência é um período altamente sensível para o desenvolvimento ósseo, devido ao rápido acúmulo ósseo durante a puberdade, sendo crucial para prevenir o desenvolvimento da osteoporose (Weaver *et al.*, 2016).

Entender o impacto das diferentes intensidades e do volume da AF sobre os ISO pode trazer uma grande contribuição para a saúde pública, principalmente na população adulta. O declínio da AF observado após o PMO pode ser um preditor importante da osteoporose em idosos. O estudo de Rowlands *et al.* (2020) foi pioneiro ao explorar essas associações entre o período da adolescência e o início da idade adulta, buscando descrever como a saúde óssea poderia ser influenciada pelo volume e pela distribuição de intensidades da AF. Os autores observaram a importância das AF de alta intensidade para a DMO. Além disso, apontaram que, adicionalmente ao volume e à intensidade, mesmo em intensidades mais baixas, podem ser vantajosos para regiões específicas, como a DMO do quadril. Essa descoberta tem implicações significativas, fornecendo informações valiosas para a tomada de decisão em futuras recomendações de prática da AF, visando a saúde óssea.

Para os indicadores de microarquitetura do osso, geometria e resistência estrutural, foram observadas associações com a AF e com o CS entre a adolescência e a idade adulta. As análises da geometria estrutural (*DXA*) e da resistência estrutural (*pQCT*) emergiram como as abordagens mais utilizadas para mensurar os ISO.

Indivíduos que aumentaram ou mantiveram-se em maiores intensidades da AF, ou seja de moderada a vigorosa, entre os períodos da adolescência até a idade adulta, parecem apresentar um efeito positivo sobre a geometria estrutural e resistência estrutural do osso no quadril,

demonstrando o efeito osteogênico da AF sobre a microarquitetura do osso (Duckham *et al.*, 2014; Jackowski *et al.*, 2014; Gabel *et al.*, 2017; Elhaken *et al.*, 2020; Metcalf *et al.*, 2020; Elhaken *et al.*, 2020; Rowlands *et al.*, 2020).

A AF de intensidade moderada a vigorosa parece promover aumento na força e resistência dos ossos corticais, manifestando-se no aumento da área transversal e índices de força (Metcalf *et al.*, 2020; Elhaken *et al.*, 2020), quanto dos ossos trabeculares (Gabel *et al.*, 2017) em ambos os sexos. Além disso, o maior acúmulo de AF leve associada a cerca de 15 minutos de atividade moderada diariamente, parece ser benéfico para geometria estrutural dos rapazes (Rowlands *et al.*, 2020).

Da mesma forma, o volume de AF praticado durante a adolescência parece desencadear adaptações positivas na microarquitetura do osso. Indivíduos de ambos os sexos que permaneceram no grupo que mais realizava AF na adolescência apresentaram maiores áreas corticais e resistência na tíbia e no fêmur (Duckham *et al.*, 2014; Jackowski *et al.*, 2014) e maior conteúdo trabecular (Duckham *et al.*, 2014), independente da AF e massa muscular atual (Jackowski *et al.*, 2014).

Parece que, apesar do uso recente das análises da microarquitetura como um indicador de saúde dos ossos, existe um consenso entre os autores quanto aos benefícios da intensidade e do volume da AF sobre a geometria e resistência estrutural dos ossos. Além disso, o acúmulo de AF de intensidade leve, complementado por pouco tempo em AF moderada, parece ser benéfico para estas estruturas. Desta forma, os ganhos promovem aumento tanto na capacidade do osso cortical em resistir a cargas de compressão axial, quanto no aumento da competência mecânica, através da melhor eficiência de transferência das cargas compressivas articulares nos ossos trabeculares (Gabel *et al.*, 2017).

Por outro lado, o papel do CS na microarquitetura do osso ainda não está claro. Gabel *et al.* (2017) encontraram um efeito negativo do alto volume de CS entre a adolescência e idade adulta sobre a geometria óssea. Os autores observaram uma redução em torno de 59 mm² da área total da tíbia, independentemente da AF de moderada a vigorosa realizada, levando assim a uma redução da expansão periosteal e por consequência a redução da resistência estrutural.

Inesperadamente, Gabel *et al.* (2017) observaram uma associação positiva do CS com a geometria óssea (espessura trabecular, espessura cortical e a DMO cortical) da tíbia distal, mesmo quando controlando a AF de intensidade moderada a vigorosa. Os autores apontam que uma possível explicação seria que os altos níveis de AF proporcionaria a osteogênese enquanto

o alto volume em CS promoveria uma consolidação óssea. Estudos experimentais com modelos animais demonstraram a importância do período de recuperação entre as sessões de cargas, neste caso o tempo em comportamento sedentário, para uma adaptação biomecânica ideal e restauração da sensibilidade das células ósseas (Robling, Burr, Turner, 2001; Robling *et al.*, 2002). Além disso, indivíduos ativos versus sedentários podem apresentar diferentes adaptações do tecido ósseo devido as cargas mecânicas, por exemplo, enquanto nos ativos ocorre o aumento da remodelação intracortical e a aposição periosteal devido à maior carga mecânica, nos jovens sedentários a consolidação óssea cortical pode ser maior devido à menor remodelação intracortical e à aposição periosteal associada a estímulos mecânicos reduzidos (Gabel *et al.* 2017).

Desta forma, novos estudos sobre o padrão das diferentes intensidades da AF e do padrão do tempo em CS são necessários e poderão auxiliar no esclarecimento de quais limiares e mecanismos podem influenciar nos indicadores de força e resistência óssea, uma vez que, somente um estudo encontrou este resultado.

3.4.3. ASSOCIAÇÕES DA AF COM OS ISO ENTRE O INÍCIO DA IDADE ADULTA E A TERCEIRA DÉCADA DE VIDA

Assim como no período da infância, poucos estudos têm focado em entender a influência longitudinal da AF sobre os ISO na população adulta, principalmente por não se tratar de um período de maior ganho ou perda da massa óssea. Nesta revisão somente três estudos dentre os selecionados focaram nesta população e apontaram para uma influência da AF somente na DMO e no CMO no sexo masculino, nenhum estudo buscou observar os efeitos longitudinais do CS sobre a massa óssea.

Os resultados apontam para um efeito independente da intensidade e do volume de AF realizados, pois ambos parecem ser benéficos para o aumento ou a manutenção da massa óssea. Bakker *et al.* (2003) observaram que indivíduos que se mantiveram no grupo de maior AF de impacto ao longo de 10 anos apresentaram maior DMO da coluna lombar, tendo em média 5 g/cm² quando comparado a aqueles que permaneceram no menor grupo. A hipótese dos autores foi de que a modelagem adaptativa do osso é sensível as mudanças nas cargas dinâmicas e que

apenas algumas sessões de AF com altas cargas mecânicas teriam grande efeito nos ossos humanos.

Da mesma forma, indivíduos que permaneceram ou aumentaram os indicadores da AF ao longo dos anos tiveram um maior CMO da coluna lombar (Delvaux *et al.*, 2001) e do CMO do corpo total, DMO da coluna lombar, quadril e trabecular da tíbia e microarquitetura óssea (Nilsson *et al.*, 2012) como a área de secção transversal cortical, da tíbia e circunferência do perióstio da tíbia. O aumento da área cortical, do CMO e da DMO são importantes indicadores da resistência óssea e estão relacionados diretamente às forças de flexão e torção, que são causados por deformações permanentes na região elástica do osso (Wallace, 2019).

De fato, observa-se que tanto a intensidade quanto o volume da AF desempenham um papel crucial nos diferentes ISO. O tipo de carga aplicado e o tempo dedicado à atividade são fatores que surgem como importantes promotores do ganho na massa óssea. No entanto, ainda existem lacunas no entendimento sobre qual volume específico de diferentes intensidades de AF proporciona esses aumentos na massa óssea. Além disso, a variação nos benefícios observados entre homens e mulheres ainda não está totalmente esclarecida. A falta de resultados consistentes em mulheres pode estar relacionada a diferentes fatores, como características hormonais, padrões de atividade física específicos para cada sexo.

3.4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados da presente revisão sugerem que a manutenção da AF ao longo dos anos promovem adaptações estruturais benéficas nos ossos. O efeito osteogênico da AF parece ser específico para determinados locais anatômicos, principalmente onde ocorre tensão mecânica, sugerindo que cada seguimento ósseo pode ter seu limiar de estímulo mecânico necessário para uma resposta positiva.

As evidências sobre o efeito positivo da prática de AF e suas intensidades, especialmente durante o período da adolescência até a idade adulta, com os ISO parecem estar mais consolidadas, principalmente nos rapazes. No entanto, é crucial compreender o papel das intensidades e do volume da AF na população feminina em todos os períodos observados, uma vez que as evidências são menos consolidadas nesse grupo.

Além disso, há a necessidade premente de esclarecer o papel do CS sobre o CMO, a DMO e a microarquitetura do osso. É fundamental entender qual volume total de CS é mais prejudicial a massa óssea, bem como compreender seu papel na recuperação do tecido ósseo em indivíduos fisicamente mais ativos. Essas lacunas de conhecimento destacam a importância de futuras pesquisas para direcionar recomendações mais precisas e abrangentes para a promoção da saúde óssea em diferentes populações.

REFERÊNCIAS

- BAECKE, J.A.; BUREMA, J.; FRIJTERS, J.E. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 36, p. 936–42, 1982.
- BAKKER, I. *et al.* Ten-year longitudinal relationship between physical activity and lumbar bone mass in (young) adults. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, v. 18, n. 2, p. 325–332, 2003.
- BAXTER-JONES, A. D. G. *et al.* A longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual from adolescence to young adulthood. *Bone*, v. 43, n. 6, p. 1101–1107, 2008.
- BAXTER-JONES, A. D. G. *et al.* Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: An estimation of peak bone mass. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 26, n. 8, p. 1729–1739, 2011.
- BIELEMANN, R. M. *et al.* Physical activity throughout adolescence and bone mineral density in early adulthood: The 1993 Pelotas (Brazil) Birth Cohort Study. *Osteoporosis International*, v. 25, n. 8, p. 2007–2015, 2014.
- BULL, F. C. *et al.* World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, v. 54, n. 24, p. 1451–1462, 2020.
- CANTO, G. L. *Revisões sistemáticas da literatura: guia prático*. Brazil Pubed. Curitiba: 2020.
- CHASTIN, S. F.; MANDRICHENKO, O.; SKELTON, D. A. The frequency of osteogenic activities and the pattern of intermittence between periods of physical activity and sedentary behaviour affects bone mineral content: The cross-sectional NHANES study. *BMC Public Health*, v. 14, n. 1, 2014.
- DELVAUX, K. *et al.* Bone mass and lifetime physical activity in Flemish males: A 27-year follow-up study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 33, n. 11, p. 1868–1875, 2001.
- DUCKHAM, R. L. *et al.* Does physical activity in adolescence have site-specific and sex-specific benefits on young adult bone size, content, and estimated strength?. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 29, n. 2, p. 479–486, 2014.
- ELHAKEEM, A. *et al.* Physical Activity Throughout Adolescence and Peak Hip Strength in Young Adults. *JAMA Network Open*, v. 3, n. 8, p. e2013463, 2020.
- FAIENZA, M. F. *et al.* How physical activity across the lifespan can reduce the impact of bone ageing: A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 6, p. 1–9, 2020.
- GABEL, L. *et al.* Physical Activity, Sedentary Time, and Bone Strength From Childhood to Early Adulthood: A Mixed Longitudinal HR-pQCT study. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 32, n. 7, p. 1525–1536, 2017.
- HEANEY, R. *et al.* Peak Bone Mass. *Osteoporosis International*, v. 11, p. 985–1009, 2000.

HERVÁS, G. *et al.* Bone health and its relationship with impact loading and the continuity of physical activity throughout school periods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 16, n. 16, 2019.

HERVÁS, G. *et al.* Physical activity, physical fitness, body composition, and nutrition are associated with bone status in University students. *Nutrients*, v. 10, n. 1, 2018.

JACKOWSKI, S A *et al.* Adolescent physical activity and bone strength at the proximal femur in adulthood. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 46, n. 4, p. 736–744, 2014.

KEMPER, H. C. *et al.* A fifteen-year longitudinal study in young adults on the relation of physical activity and fitness with the development of the bone mass: The Amsterdam Growth And Health Longitudinal Study. *Bone*, v. 27, n. 6, p. 847–853, 2000.

KOEDIJK, J. B. *et al.* Sedentary behaviour and bone health in children, adolescents and young adults: a systematic review. *Osteoporosis International*, v. 28, n. 9, p. 2507–2519, 2017.

KRONHED, A. C. G. *et al.* Association between physical activity and forearm bone mineral density in 20-72-year-olds. *Advances in Physiotherapy*, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 87–96, 2002.

LOMBARDI, G.; ZIEMANN, E.; BANFI, G. Physical activity and bone health: What is the role of immune system? A narrative review of the third way. *Frontiers in Endocrinology*, v. 10, 2019.

LU, J. *et al.* Peak bone mass and patterns of change in total bone mineral density and bone mineral contents from childhood into young adulthood. *Journal Clinical Densitometry*, v. 19, n. 2, p. 180–191, 2016.

MCVEIGH, J. A. *et al.* Longitudinal Trajectories of Television Watching Across Childhood and Adolescence Predict Bone Mass at Age 20 Years in the Raine Study. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 31, n. 11, p. 2032–2040, 2016.

METCALF, K. M. *et al.* An 8-year longitudinal analysis of physical activity and bone strength from adolescence to emerging adulthood: The Iowa bone development study. *Pediatric Exercise Science*, v. 32, n. 1, p. 58–64, 2020.

MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (prisma-p) 2015 statement. *Systematic Review*, v. 4, n. 1, p. 2–9, 2015.

MOOLA, S. *et al.* Checklist for Cohort Studies. *Joanna Briggs Institute Reviewer's Manual*, p. 1–7, 2017..

NEVILLE, C. E. *et al.* Relationship between physical activity and bone mineral status in young adults: The Northern Ireland young hearts project. *Bone*, v. 30, n. 5, p. 792–798, 2002.

NG, C. A. *et al.* Physical activity estimated by osteogenic potential and energy expenditure has differing associations with bone mass in young adults: the raine study. *Archives of Osteoporosis*, v. 17, n. 1, 2022.

NILSSON, M. *et al.* Increased physical activity is associated with enhanced development of peak bone mass in men: A five-year longitudinal study. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 27, n. 5, p. 1206–1214, 2012.

OURA, P. *et al.* Effects of Leisure-Time Physical Activity on Vertebral Dimensions in the Northern Finland Birth Cohort 1966. *Scientific Reports*, v. 6, p. 27844, 2016.

- PIERCY, K. L. *et al.* The Physical Activity Guidelines for Americans. *JAMA*, v. 320, n. 19, p: 2020–2028, 2018.
- ROBLING, A. G. *et al.* Improved bone structure and strength after long-term mechanical loading is greatest if loading is separated into short bouts. *Journal of Bone and Mineral Research*; v. 17, n. 8, p:1545–54, 2002.
- ROBLING, A. G.; BURR, D.B.; TURNER, C.H. Recovery periods restore mechanosensitivity to dynamically loaded bone. *Journal of Experimental Biology*, n. 204, p:3389–99, 2001.
- ROBLING, A. G. *et al.* *Mechanical Adaptation*. 2019.
- ROWLANDS, A. V. *et al.* Physical Activity for Bone Health: How Much and/or How Hard?. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 52, n. 11, p. 2331–2341, 2020.
- SALLIS, J. F.; PROCHASKA, J. J.; TAYLOR, W. C. A review of correlates of physical activity of children and adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 32, n. 5, p. 963–975, 2000.
- TAMME, R. *et al.* Physical Activity in Puberty is Associated with Total Body and Femoral Neck Bone Mineral Characteristics in Males at 18 Years of Age. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, v. 55, n. 5, 2019.
- VAN MECHELEN, W. *et al.* Longitudinal relationships between lifestyle and cardiovascular and bone health status indicators in males and females between 13 and 27 years of age; a review of findings from the Amsterdam growth and Health Longitudinal Study. *Public Health Nutrition*, v. 2, n. 3 A, p. 419–427, 1999.
- WALLACE, J. M. *Skeletal hard tissue biomechanics*. Second Edied.: Elsevier Inc., 2019. *E-book*.
- WARDEN, S. J.; WRIGHT, C. S.; FUCHS, R. K. Bone Microarchitecture and Strength Adaptation to Physical Activity: A Within-Subject Controlled HRpQCT Study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 53, n. 6, p. 1179–1187, 2021.
- WEAVER, C. M. *et al.* The National Osteoporosis Foundation’s position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporosis International*, v. 27, n. 4, p. 1281–1386, 2016.
- WHO. *Guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. 2020.
- ZHU, X.; ZHENG, H. Factors influencing peak bone mass gain. *Frontiers of Medicine*, v. 15, n. 1, p. 53–69, 2021.

CAPÍTULO 4

RESUMO

TRACKING DA ATIVIDADE FÍSICA E SUA RELAÇÃO COM OS INDICADORES DE SAÚDE ÓSSEA EM ADULTOS JOVENS

Introdução: A atividade física (AF) regular é um dos principais meios não farmacológicos de proteção para diversas doenças não transmissíveis. Além disso, tem sido considerada um dos principais meios de intervenção para o aumento ou a manutenção da densidade mineral óssea (DMO) e a prevenção da osteoporose. Contudo, poucos estudos têm buscado observar o impacto longitudinal da AF sobre a DMO durante a idade adulta e principalmente observar se a estabilidade da AF ao longo dos anos pode proporcionar ganhos adicionais. **Objetivos:** Verificar a associação entre o *tracking* da AF e da DMO em adultos jovens. **Metodologia:** Neste estudo longitudinal de sete anos, 43 adultos jovens de ambos os sexos, com idade entre 25 e 32 anos foram recrutados. Foram realizadas medidas antropométricas de massa corporal, estatura e o IMC foi calculado. A AF foi mensurada por acelerometria, com o acelerômetro modelo GT3X+ utilizado durante sete dias e as diferenças entre o *baseline* e o *follow-up* das AF leve (AFL), moderada (AFM) e moderada a vigorosa (AFMV) foram calculadas. Três grupos de trajetórias da AF foram estabelecidos em tercís: reduziu, para aqueles que estavam abaixo do percentil 33; manteve, para aqueles que estavam entre o percentil 33 ao 66; e aumentou, para aqueles que estavam acima do percentil 66. A DMO foi obtida pelo *DXA* das regiões anatômicas do corpo total, da coluna lombar, dos braços, das pernas, do quadril e do fêmur e as diferenças entre o *baseline* e o *follow-up* foram calculadas. O Teste t pareado foi utilizado para comparação das variáveis, por sexo, entre os períodos de *baseline* e *follow-up*. O Coeficiente de Correlação Intraclasse foi empregado para observar o *tracking* entre o *baseline* e o *follow-up* da AF e da DMO. A ANCOVA, controlada por sexo, foi utilizada para comparação dos três grupos de trajetória da AF, e a Regressão Linear foi empregada para observar as associações entre as diferenças longitudinais entre a AF e a DMO. A significância adotada foi de 5%. **Resultados:** Observou-se um moderado *tracking* da AFL, AFM e AFMV (CCI entre 0,36 e 0,39; $p > 0,05$) e um alto *tracking* da DMO total do corpo, coluna lombar, quadril, braços, pernas e fêmur (CCI entre 0,79 a 0,96; $p > 0,001$) ao longo dos sete anos de acompanhamento. No entanto, associações negativas foram observadas somente entre a DMO das pernas entre aqueles que reduziram a AFM ($\beta = -0,041$) e AFMV ($\beta = -0,035$), e da DMO do fêmur com a AFMV ($\beta = -0,090$), comparada aos que mantiveram a AF ao longo do tempo. **Conclusão:** O *tracking* da AF ao longo de sete anos de acompanhamento foi moderado, enquanto para a DMO foi alto, no entanto indivíduos que reduziram a AFM e AFMV apresentam uma associação negativa com a DMO, principalmente nas regiões que suportam a carga do peso corporal. Além disso, os indivíduos que mantiveram ou aumentaram a AFM e AFMV obtiveram uma atenuação na redução da DMO.

Palavras-chave: Massa óssea; ativo; inatividade física; trajetórias; longitudinal.

4.1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda que adultos realizem de 150 a 300 minutos de atividade física (AF) aeróbica de intensidade moderada, ou de 75 a 150 minutos de AF aeróbica de intensidade vigorosa, ou então uma combinação entre as duas intensidades semanalmente para obter benefícios adicionais a saúde (Bull *et al.*, 2020). A AF regular é considerada um dos principais meios não farmacológicos de proteção para diversas doenças não transmissíveis, como as cardiovasculares, diabetes, doenças musculoesqueléticas e alguns tipos de câncer (WHO, 2018). Além disso, a AF tem sido considerada um dos principais meios de intervenção para o aumento ou a manutenção da densidade mineral óssea (DMO) e a prevenção da osteoporose (Chevalley; Rizzoli, 2022; Zhu; Zheng, 2021).

Estudos têm demonstrado que indivíduos ativos durante a infância apresentam ganhos entre 7% a 9% no conteúdo mineral ósseo (CMO) no início da idade adulta (Baxter-Jones *et al.*, 2008) e de 3% a 6% para aqueles que realizavam AF de intensidade vigorosa na adolescência no início da idade adulta (Metcalf *et al.*, 2020). Além disso, durante o pico de massa óssea (PMO), período de acúmulo máximo da massa óssea até o período de estabilização, que ocorre por volta do final da segunda e início da terceira década de vida, o aumento de 10% na massa óssea tende a atrasar o início da osteoporose em até 13 anos (Hernandes *et al.*, 2003) podendo reduzir em até 50% o risco de fratura entre mulheres idosas (Boujour *et al.*, 2012).

A dinâmica do mecanismo da AF com o tecido ósseo se fundamenta na teoria mecanostática, apontando que cargas de tensão gerada pela AF proporcionaria adaptações ao tecido ósseo, ocasionando deformações internas e adaptações mecânicas de acordo com as cargas impostas (Frost, 2003). Desta forma, os osteócitos através de estímulos mecânicos, recrutariam os osteoblastos e osteoclastos que irão modular a massa e a estrutura óssea (Willems *et al.*, 2017).

Os impactos longitudinais da AF realizada durante a idade adulta sobre os indicadores de saúde óssea (ISO) tem indicado resultados inconclusivos, por exemplo, Nilson *et al.* (2012) apontaram que a cada hora a mais de AF gerou um aumento entre 0,003 e 0,008 g/cm² após um período de cinco anos na DMO, enquanto Bakker *et al.* (2003) não encontraram nenhuma associação significativa entre a AF e o DMO.

Indivíduos adultos tendem a ter uma manutenção moderada da trajetória de AF, com menos de 30% reduzindo sua prática neste período (Morseth *et al.*, 2011), por outro lado, a massa óssea parece ter uma alta manutenção nos diferentes indicadores (Baxter-Jones *et al.*, 2011). Desta forma, a manutenção da AF funcionaria como um investimento durante este período da vida auxiliando na redução da osteoporose e do risco de fraturas, uma vez que, por volta dos 35 aos 40 anos de idade tem-se o início da perda acentuada da massa óssea (Kelly *et al.*, 2009).

Neste contexto, os estudos de estabilidade ao longo do tempo, ou *tracking*, termo que se refere à manutenção de uma classificação ou posição relativa do indivíduo dentro de um grupo através de observações longitudinais do mesmo indivíduo em pelo menos dois pontos no tempo (Malina, 1996; Maia *et al.*, 2004), podem trazer informações importantes sobre a trajetória da AF e da DMO em adultos jovens, uma vez que é possível observar se indivíduos mantiveram ou aumentaram a AF ao longo do tempo na mesma classificação ou posição, poderiam apresentar ganho ou atenuação da perda de DMO após o período de PMO.

Desta forma o objetivo deste estudo foi verificar a associação entre o *tracking* da atividade física e a DMO em adultos jovens.

4.2. MÉTODOS

4.2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES DO ESTUDO

O presente estudo tem caráter descritivo observacional com delineamento longitudinal. A primeira fase faz parte do banco de dados de um estudo prospectivo, descrito previamente por Ronque *et al.* (2018), com seguimento entre os anos de 2002 até 2006. Em 2016, foi realizado a segunda fase (*baseline*), descrito previamente por Barbosa *et al.* (2023), e contou com uma amostra final de 150 participantes, de ambos os sexos, com idade entre 18 e 24 anos. Em 2023, foi realizado a terceira fase (*follow-up*) através do projeto intitulado “Aptidão física e prática de esportes na infância e adolescência e indicadores de saúde óssea na idade adulta: interação com trajetórias da atividade física na idade adulta”. Foram convidados 150 sujeitos, de ambos os sexos, com idade entre 25 e 32 anos, que foram avaliados na segunda fase e que realizaram medidas de DXA e acelerometria. Todos os participantes, após serem convenientemente informados sobre a proposta do estudo e procedimentos aos quais seriam submetidos, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido – TCLE.

4.2.2. PARTICIPANTES DO ESTUDO

Uma amostra de 43 indivíduos de ambos os sexos (44,2% mulheres), com idade entre 25 e 32 anos, foi selecionada para este estudo no *follow-up*. Os critérios de inclusão para participação na pesquisa foram: ter participado e apresentar as medidas das variáveis antropométricas, de composição corporal (DXA) e de AF (acelerometria) na segunda fase do estudo (18 a 25 anos).

4.2.3. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICA E IDADE CRONOLÓGICA

No *baseline* e no *follow-up*, a massa corporal foi medida em uma balança de plataforma, digital, marca Seca, com precisão de 0,5 kg. A estatura foi obtida por um estadiômetro portátil com precisão de 0,1 cm, marca Harpenden, de acordo com os procedimentos descritos por Gordon *et al.* (1988). O índice de massa corporal (IMC) foi determinado pelo quociente massa

corporal/estatura². A idade cronológica foi estabelecida de forma centesimal, com base na diferença entre a data de nascimento e a data de avaliação do DXA.

4.2.4. COMPOSIÇÃO CORPORAL

A composição corporal foi estimada pela técnica de absorciometria radiológica de dupla energia (DXA). A estimativa da DMO total e regional foi determinada por exame de corpo inteiro em um equipamento da marca Lunar, modelo G.E. PRODIGY – LNR 41.990. A calibragem do equipamento seguiu as recomendações do fabricante e foi realizada por um técnico do laboratório com experiência nesse tipo de avaliação. O DXA forneceu informações referentes a DMO (g/cm^2) do corpo total e das regiões do quadril, do fêmur, dos braços, das pernas e da coluna lombar. Para as análises dos dados, foi calculada a diferença da DMO entre o *baseline* e o *follow-up* ($(\text{follow-up} - \text{baseline}) / \text{baseline}$), resultando em uma nova unidade de medida ($\Delta \text{g}/\text{cm}^2$) para cada região anatômica analisada.

4.2.5. ATIVIDADE FÍSICA

A acelerometria foi utilizada para obter a AF, por meio do uso de acelerômetros da marca ActiGraph (*ActiGraph, Pensacola, FL, USA*), modelo GT3X+, durante sete dias consecutivos. Após o período de monitoramento, os dados foram transferidos para o software *Actilife* (versão 6.13.4) para redução e análise. Os dados foram reintegrados de acordo com o *epoch* de 60 segundos seguindo os seguintes critérios: I) 60 minutos de zeros consecutivos como tempo de não-uso; II) registro mínimo de oito horas de tempo de uso (≥ 480 minutos diários); III) pelo menos quatro dias válidos de dados registrados, sendo pelo menos um dia do final de semana (Freedson *et al.*, 1998). As estimativas da AF leve (AFL), da AF moderada (AFM), da AF moderada a vigorosa (AFMV) e do comportamento sedentário (CS) do *baseline* e do *follow-up* foram calculadas a partir dos pontos de cortes para o vetor magnitude do *ActiGraph* propostos por Freedson *et al.* (1998). Para as análises dos dados, a diferença da AFL, AFM e da AFMV foram calculadas entre o *baseline* e o *follow-up* ($(\text{follow-up} - \text{baseline}) / \text{baseline}$) resultando em uma nova unidade de medida ($\Delta \text{min.}/\text{dia}$). O $\Delta \text{min.}/\text{dia}$ foram classificados em tercís, e criados três grupos de trajetória: reduziu, percentil <33 ; manteve, entre o percentil 33 e 66; e aumentou, percentil >66 .

4.2.6. CONTROLE DE QUALIDADE DOS DADOS

Para verificar o efeito da perda amostral, foi utilizada a análise de *drop-out* para avaliar os indivíduos da fase II que desistiram e os indivíduos que permaneceram na fase III. A variável AFM no sexo feminino foi a única a apresentar diferença significativa estatisticamente no momento *baseline* entre os que participaram e não participaram da etapa *follow-up*.

A extensão do erro do avaliador e da calibração do DXA foi realizada pelo coeficiente de correlação intraclasse (CCI) e a DMO apresentou uma alta reprodutibilidade (0,959 a 0,997), conforme classificação proposta por Vincent (1994).

4.2.7. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para caracterização da amostra, foi utilizada a estatística descritiva com valores de média e desvio padrão e a normalidade dos dados foi observada através da assimetria e curtose. O Teste t independente foi utilizado para a comparação do *drop-out* dos participantes que permaneceram no estudo e o Teste t pareado para a comparação das variáveis antropométricas, da AF e da DMO entre o *baseline* e o *follow-up*. O Coeficiente de correlação intraclasse (CCI) foi utilizado para observar o *tracking* da AFL, AFM e AFMV e da DMO entre o *baseline* e o *follow-up* e a seguinte classificação foi utilizada: < 0,30 considerados baixos; entre 0,30 e 0,60 moderados; e > 0,60 altos (Malina, 2001). Três grupos de trajetórias a partir das diferenças da AFL, AFM e AFMV entre o *baseline* e o *follow-up* foram estabelecidos em tercís (reduziu; manteve; e aumentou). A ANCOVA, controlada por sexo e idade cronológica, foi utilizada para comparação da DMO entre os três grupos de trajetória das intensidades da AF entre o *baseline* e *follow-up*. Para observar as associações longitudinais entre os diferentes grupos de trajetória da AFL, AFM e AFMV com a DMO, foi empregada a Regressão Linear, ajustada por sexo, idade e o CS do *baseline*, os grupos de trajetórias da AF foram transformados em *Dummy* e o grupo manteve a AF foi utilizado como referencial. Para todas as análises de dados foi utilizado o software SPSS versão 25.0 e uma significância de 5% foi adotada.

4.3. RESULTADOS

A Tabela 4.1 apresenta a descrição, por sexo, dos participantes nos períodos do *baseline* e no *follow-up* e a comparação das variáveis de antropometria, de AF e da DMO por região anatômica corporal. Os rapazes no *follow-up* apresentaram maior massa corporal (6,2%) e IMC (5,7%), além de maior tempo relativo em AFM (803,2%) e maior DMO na coluna lombar (4,2%), porém menor DMO no quadril (4,2%). As moças no *follow-up* apresentaram maior massa corporal (8,3%), IMC (7,9%) e AFM (593,7%), enquanto apresentaram menor DMO do quadril (8,3%) e das pernas (3,1%).

A Figura 4.1 apresenta o *tracking* da AF entre os anos de 2016 e 2023. Observou-se um *tracking* moderado da AFL (CCI=0,39), da AFM (CCI=0,36) e da AFMV (CCI=0,036), no entanto não apresentaram um *tracking* significativo ($p>0,05$). Este resultado indicou uma importante instabilidade na manutenção das trajetórias individuais das intensidades de AF dentro do grupo.

Figura 4.1 – Trajetória das intensidades da AF (*tracking*) entre o baseline (2016) e o follow-up (2023).

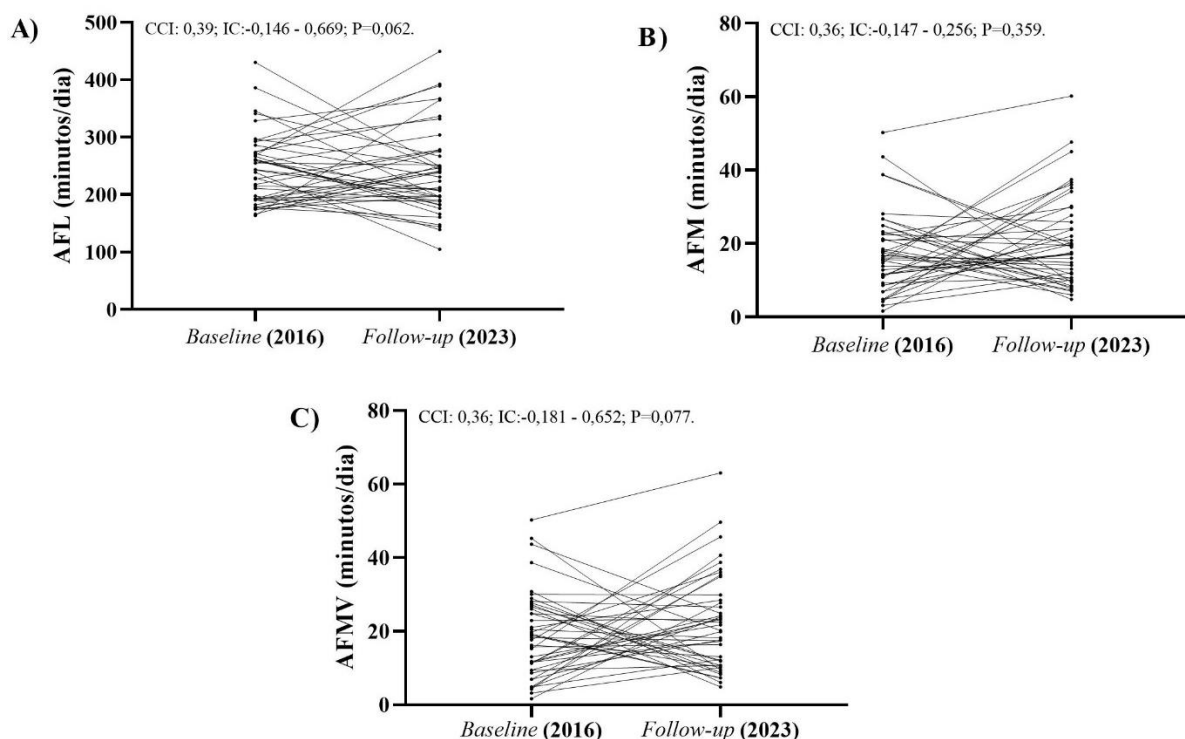


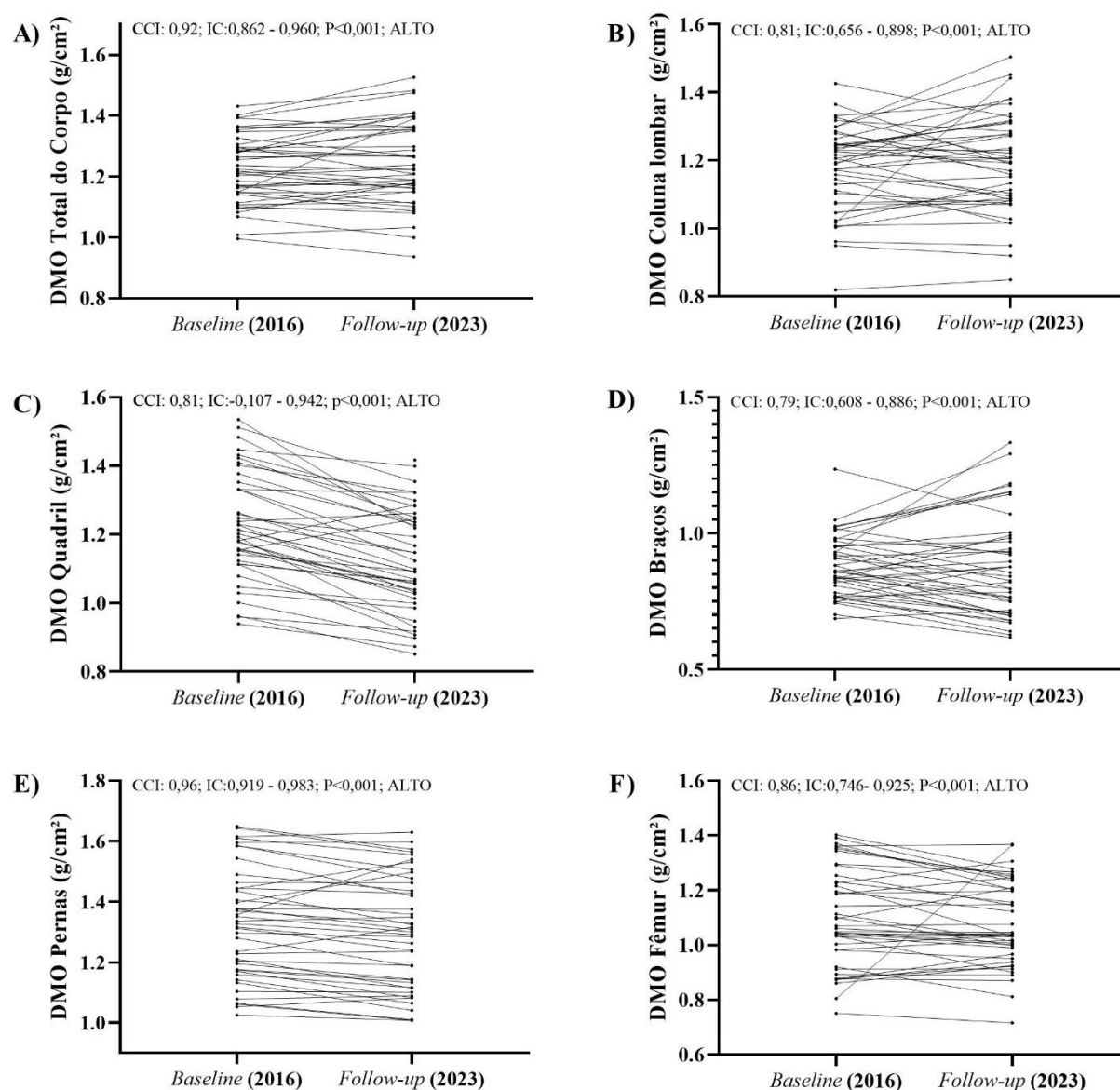
Tabela 4.1 – Descrição das variáveis antropométricas, AF e DMO dos participantes do estudo em média, desvio padrão e diferença média entre o *baseline* e *follow-up* (n=43).

Variáveis	Masculino (n=24)			Feminino(n=19)			Geral		
	Baseline (2016)	Follow-up (2023)	≠ média	Baseline (2016)	Follow-up (2023)	≠ média	Baseline (2016)	Follow-up (2023)	≠ média
Idade cronológica (anos)	22,7±1,7	29,8±1,8**	7,1	22,2±1,9	29,2±2,0**	7,1	22,5±1,8	29,5±1,8**	7,1
Massa corporal (kg)	77,3±14,2	82,1±15,7*	4,8	58,7±9,2	63,6±8,9*	4,8	69,1±15,3	73,9±16,0**	4,8
Estatura (cm)	176,6±6,9	176,9±7,0	0,2	165,4±7,26	165,9±7,5	0,5	171,7±8,9	172,0±9,0*	0,5
IMC (kg/estatura ²)	24,7±3,5	26,1±3,9*	1,4	21,4±2,4	23,1±2,5*	1,7	23,2±3,4	24,8±3,7**	1,7
AFL (minutos/dia)	257,9±63,5	252,1±82,9	-5,8	225,3±54,5	223,5±62,0	1,8	243,5±61,2	239,5±74,9	1,8
AFM (minutos/dia)	18,6±10,34	149,4±89,3**	130,8	17,5±11,1	103,9±48,7**	86,4	18,1±10,6	129,3±76,9**	86,4
AFMV (minutos/dia)	20,1±11,2	25,9±14,8	5,8	19,4±11,7	17,2±8,4	-2,1	19,8±11,3	22,1±13,0	-2,1
DMO corpo total (g/cm ²)	1,277±0,097	1,298±0,125	0,02	1,156±0,087	1,165±0,108	0,0	1,222±0,109	1,240±0,135	0,0
DMO coluna lombar (g/cm ²)	1,186±0,111	1,236±0,146*	0,05	1,161±0,143	1,138±0,128	-0,02	1,175±0,125	1,193±0,145	-0,02
DMO quadril (g/cm ²)	1,311±0,167	1,180±0,162**	-0,13	1,154±0,110	1,059±0,100**	-0,09	1,242±0,163	1,127±0,149**	-0,09
DMO Braços (g/cm ²)	0,954±0,088	0,963±0,186	0,01	0,787±0,053	0,763±0,113	-0,02	0,881±0,112	0,874±0,185	-0,02
DMO pernas (g/cm ²)	1,444±0,133	1,416±0,141	-0,03	1,177±0,109	1,142±0,106*	-0,03	1,325±0,181	1,295±0,186*	-0,03
DMO fêmur (g/cm ²)	1,170±0,179	1,128±0,157	-0,04	1,006±0,131	1,015±0,128	0,01	1,098±0,178	1,079±0,154	0,01

Nota: ≠: diferença entre baseline e follow-up; IMC: índice de massa corporal; AFV: atividade física vigorosa; AFMV: atividade física de moderada a vigorosa; CMO: conteúdo mineral ósseo; DMO: densidade mineral óssea; *: p<0,05; **: p<0,001.

A Figura 4.2 apresenta o *tracking* da DMO e observou-se um alto *tracking* na DMO total do corpo (CCI=0,92, $p<0,0001$), da coluna lombar (CCI=0,81, $p<0,001$), do quadril (CCI=0,81, $p<0,001$), dos braços (CCI=0,79, $p<0,001$), das pernas (CCI=0,96, $p<0,001$) e do fêmur (CCI=0,86, $p<0,001$), demonstrando uma alta estabilidade da DMO ao longo dos anos de acompanhamento.

Figura 4.2 – Trajetória da DMO (*tracking*) em diferentes regiões anatômicas entre o baseline (2016) e follow-up (2023).



A Tabela 4.2 apresenta a comparação entre os três grupos de *tracking* das diferentes intensidades da AF entre o *baseline* e o *follow-up* da DMO. Quando comparado, os grupos que

reduziram ou aumentaram a AFM e AFMV com o grupo que manteve, diferenças significativas foram observadas somente na DMO do fêmur ($F=3,334$, $p=0,046$), respectivamente.

Na Tabela 4.3, observam-se as associações do aumento e da redução das diferentes intensidades da AF ao longo do acompanhamento com a DMO. Associações negativas foram observadas da AFM com a DMO das pernas e AFMV com a DMO do fêmur. Os indivíduos que reduziram a AFM apresentaram uma perda de 3,6% da DMO das pernas quando comparado aos indivíduos que mantiveram a AF ao longo dos anos (IC95% -0,065 à -0,007). A redução da AFMV representa uma perda de 3% da DMO das pernas (IC95% -0,060 à -0,001) e de 8,2% do DMO do fêmur (IC95% -0,159 à -0,006), quando comparado aos indivíduos que mantiveram a AF.

Tabela 4.2 – Variação da DMO entre o *baseline* e o *follow-up* dos diferentes grupos de trajetória da AFL, AFM e AFMV (n=43).

Variáveis	Manteve AFL (n=15)	Aumentou AFL (n=14)	Reduziu AFL (n=14)	F	p
DMO corpo total (Δ g/cm ²)	0,013 (-0,015; 0,041)	0,001 (-0,025; 0,027)	0,014 (-0,018; 0,045)	0,271	0,764
DMO coluna lombar (Δ g/cm ²)	0,011 (-0,023; 0,045)	0,017 (-0,028; 0,062)	0,001 (-0,062; 0,065)	0,144	0,886
DMO quadril (Δ g/cm ²)	-0,100 (-0,133; -0,066)	-0,118 (-0,175; -0,060)	-0,096 (-0,131; -0,060)	0,242	0,787
DMO braços (Δ g/cm ²)	-0,030 (-0,106; 0,046)	-0,040 (-0,113; 0,032)	-0,019 (-0,109; 0,070)	0,023	0,977
DMO pernas (Δ g/cm ²)	-0,023 (-0,049; 0,004)	-0,026 (-0,049; -0,004)	-0,028 (-0,058; 0,001)	0,045	0,956
DMO fêmur (Δ g/cm ²)	-0,038 (-0,075; -0,001)	-0,004 (-0,083; 0,075)	-0,017 (-0,057; 0,023)	0,556	0,578
	Manteve AFM (n=15)	Aumentou AFM (n=14)	Reduziu AFM (n=14)		
DMO corpo total (Δ g/cm ²)	0,005 (-0,023; 0,034)	0,020 (-0,013; 0,054)	0,003 (-0,018; 0,024)	0,388	0,681
DMO coluna lombar (Δ g/cm ²)	0,003 (-0,044; 0,051)	0,020 (-0,037; 0,078)	0,006 (-0,031; 0,043)	0,005	0,995
DMO quadril (Δ g/cm ²)	-0,103 (-0,141; -0,064)	-0,089 (-0,134; -0,043)	-0,122 (-0,165; -0,071)	0,893	0,418
DMO braços (Δ g/cm ²)	-0,081 (-0,151; -0,012)	0,019 (-0,073; 0,111)	-0,023 (-0,088; 0,042)	1,336	0,275
DMO pernas (Δ g/cm ²)	-0,002 (-0,027; 0,023)	-0,034 (-0,063; -0,004)	-0,042 (-0,059; -0,025)	2,898	0,062
DMO fêmur (Δ g/cm ²)	0,022 (-0,045; 0,090)	-0,029 (-0,060; 0,001)	-0,055 (-0,102; -0,009)	2,166	0,129
	Manteve AFMV (n=15)	Aumentou AFMV (n=14)	Reduziu AFMV (n=14)		
DMO corpo total (Δ g/cm ²)	0,014 (-0,011; 0,039)	0,015 (-0,022; 0,051)	-0,003 (-0,028; 0,022)	0,316	0,731
DMO coluna lombar (Δ g/cm ²)	0,003 (-0,048; 0,054)	0,027 (-0,027; 0,081)	-0,000 (-0,037; 0,036)	0,032	0,969
DMO quadril (Δ g/cm ²)	-0,094 (0,130; -0,058)	-0,094 (-0,142; -0,046)	-0,126 (-0,169; -0,084)	1,314	0,281
DMO braços (Δ g/cm ²)	-0,048 (-0,120; 0,024)	0,001 (-0,094; 0,095)	-0,041 (-0,109; 0,028)	0,192	0,826
DMO pernas (Δ g/cm ²)	-0,008 (-0,035; 0,019)	-0,028 (-0,056; 0,000)	-0,042 (-0,059; -0,025)	1,829	0,173
DMO fêmur (Δ g/cm ²)	0,027 (-0,039; 0,094)	-0,031 (-0,063; 0,000)	-0,059 (-0,103; -0,014) ^a	3,334	0,046

Nota: AFL = atividade física leve; AFV: atividade física vigorosa; AFMV: atividade física de moderada a vigorosa; DMO: densidade mineral óssea; ^a= apresentou diferença para o grupo manteve; todas as análises foram ajustadas por sexo.

Tabela 4.3 – Associação do aumento e da redução da AFL, AFM e AFMV com os indicadores da DMO em média e IC95%.

Variáveis	β DMO corpo total	β DMO coluna lombar	β DMO quadril	β DMO Braços	β DMO pernas	β DMO fêmur
AFL						
Manteve	1	1	1	1	1	1
Aumentou	0,015 (-0,026; 0,056)	-0,015 (-0,084; 0,054)	0,025 (-0,043; 0,093)	0,013 (-0,101; 0,127)	0,004 (-0,030; 0,039)	-0,025 (-0,013; 0,063)
Reduziu	-0,002 (-0,044; 0,040)	-0,016 (-0,084; 0,053)	-0,003 (-0,048; 0,041)	-0,003 (-0,116; 0,011)	-0,003 (-0,043; 0,036)	0,022 (-0,027; 0,070)
AFM						
Manteve	1	1	1	1	1	1
Aumentou	0,009 (-0,038; 0,057)	0,000 (-0,075; 0,075)	0,001 (-0,061; 0,064)	0,087 (-0,035 – 0,208)	-0,034 (-0,074; 0,007)	-0,048 (-0,127; 0,030)
Reduziu	0,001 (-0,035; 0,038)	0,002 (-0,059; 0,062)	-0,019 (-0,074; 0,036)	0,052 (-0,046 – 0,149)	-0,036* (-0,065; -0,007)	-0,067 (-0,148; 0,013)
AFMV						
Manteve	1	1	1	1	1	1
Aumentou	-0,004 (-0,052; 0,044)	0,001 (-0,075; 0,078)	-0,012 (-0,076; 0,051)	0,034 (-0,094; 0,161)	-0,021 (-0,063; 0,022)	-0,056 (-0,135; 0,023)
Reduziu	-0,012 (-0,046; 0,021)	-0,002 (-0,063; 0,059)	-0,036 (-0,088; 0,017)	0,001 (-0,097; 0,100)	-0,030* (-0,060; -0,001)	-0,082* (-0,159; -0,006)

Nota: Análises ajustadas por sexo e comportamento sedentário do baseline; * = $p < 0,05$.

4.4. DISCUSSÃO

O objetivo principal deste estudo foi verificar a associação entre o tracking da AF e da DMO em adultos jovens. Destaca-se que, o *tracking* das diferentes intensidades da AF foi classificado como moderado, ao passo que o *tracking* da DMO foi classificado como alto. Estes resultados permitem uma melhor compreensão das associações. Ainda que um *tracking* alto de DMO represente a alta estabilidade da DMO ao longo do tempo e o *tracking* moderado da AF signifique que o tempo dispendido neste comportamento alterou entre o *baseline* e *follow-up*, a redução da AFM e AFMV parece impactar diretamente na DMO das pernas e do fêmur, quando comparado com o grupo que manteve o nível de AF durante os anos de acompanhamento.

Estudos de acompanhamento da AF desde a infância até a adolescência têm apontado para um baixo *tracking* (Matton *et al.*; 2006; Telama *et al.*, 2014), entretanto, até o presente momento não foram encontradas investigações dessa natureza que analisaram esse comportamento a partir do início da idade adulta. Neste estudo, a análise de *tracking* revelou que a AF do início da idade adulta até aproximadamente terceira década de vida foi moderada, indicando uma importante instabilidade na manutenção das trajetórias individuais dentro do grupo, ou seja, esse comportamento alterou-se muito dentro desse período. Por outro lado, podemos confirmar através da análise de *tracking* a alta estabilidade da DMO, indicando que indivíduos adultos tendem a ter pouca mudança em sua trajetória durante a terceira década de vida, que é marcada pelo período do pico de massa óssea (Baxter-Jones *et al.*, 2011), apesar de apresentarem pequena redução em algumas regiões anatômicas, e se manterem dentro do seu canal ao longo dos anos. Estima-se que esta estabilização tende a permanecer até o início da perda acentuada da massa óssea após os 50 anos de idade (Zhu, Zheng, 2021).

Dentre os estudos que buscaram observar o impacto da AF e seus desfechos na DMO em diferentes períodos da vida na população adulta jovem, Bakker *et al.* (2003) observaram que aqueles que se mantiveram no grupo de maior AF de impacto, obtida por questionários, apresentaram maior DMO da coluna lombar, única região anatômica avaliada no estudo, quando comparado aos indivíduos que permaneceram no grupo de menor AF de impacto. Da mesma forma, Nilsson *et al.* (2012) apontaram que aqueles que permaneceram ou aumentaram a AF ao longo do tempo, obtida por questionário, apresentaram maior DMO da coluna lombar e do quadril.

Nossos resultados, apesar de apresentarem associações em diferentes regiões anatômicas, corroboram com estudos anteriores. No entanto, observamos que a AF e a DMO não apresentaram uma associação linear ao longo do tempo, ou seja, o aumento da AF neste período não significa necessariamente que o indivíduo irá obter acréscimo na DMO. Este comportamento reflete a hipótese do “U” invertido ou não (Ahluwalia, 1976). Desta forma, recomenda-se utilizar o grupo central como referência para comparação com os demais, uma vez que, o uso de modelos não lineares poderia auxiliar no ajuste da distribuição dos dados, mas, por outro lado dificultaria a sua interpretação.

Neste estudo, observamos que os indivíduos que reduziram a AFM e/ou AFMV ao longo do acompanhamento foram associados negativamente com a DMO das pernas e do fêmur, em comparação com aqueles que mantiveram o nível de AF. Uma das possíveis explicações para este resultado pode estar na teoria da mecanostática proposta por Frost (2003).

Segundo esta teoria, quatro pontos de ajustes mecânicos gerariam janelas de uso do osso, ou seja, a resposta adaptativa do osso seria gerada quando o estímulo mecânico estivesse acima ou abaixo de um ponto de carga definido em cada região anatômica do osso (Frost, 2003; Robling *et al.*, 2019). A manutenção da prática de AF ao longo dos anos em intensidades moderadas e moderadas a vigorosas parecem proporcionar estes benefícios, principalmente nas regiões que suportam a carga do peso corporal, como as pernas e o fêmur, gerando assim um equilíbrio homeostático da absorção e reabsorção do osso (Faienza *Et Al.*, 2020; Lombardi; Ziemann; Banfi, 2019). Além disso, as cargas da AFM e AFMV impostas ao osso tendem a gerar adaptações ao tecido ósseo por meio da direção das forças, principalmente nos ossos longos, que poderão gerar um estresse mecânico mediante as cargas de tensão e de compressão (Zymbal *et al.* 2016).

A manutenção da AFM a AFMV ao longo dos anos se torna um comportamento importante para a população adulta visando a atenuação da redução da DMO ao longo dos anos. Mesmo que os ganhos percentuais durante o período de acompanhamento pareçam pequenos, é necessário lembrar que a manutenção da AF até o período de perda acentuada da massa óssea, por volta dos 50 anos de idade, pode auxiliar na redução dos índices de osteoporose e fraturas ósseas.

Por outro lado, a manutenção ou o aumento da AFL entre os anos de acompanhamento não se mostrou associada com a DMO. Este resultado corrobora com outros estudos encontrados na literatura, apontando que a AFL não está associada ao aumento da DMO em

diversas populações. Isso pode ocorrer pelo fato de a AFL não ser uma atividade de característica tão osteogênica (Rodríguez-Gómez *et al.* 2018; Bland *et al.* 2020). No entanto são necessários mais estudos, principalmente com a população adulta do sexo feminino.

Este estudo avançou na observação longitudinal da AF e em seu impacto sobre a DMO em adultos jovens. A obtenção de medidas das variáveis dependente e independente no *baseline* e no *follow-up* garantem uma análise abrangente e detalhada da relação entre a AF e a DMO ao longo do tempo, permitindo uma avaliação mais precisa das mudanças e dos possíveis impactos. Além disso, é o primeiro estudo com população brasileira nesta temática a realizar a medida da AF através da acelerometria, possibilitando assim entender o papel da AFL, AFM e AFMV em diferentes regiões anatômicas. No entanto, algumas limitações podem ser apontadas, como o baixo número amostral e a impossibilidade de estratificação por sexo, embora tenha sido realizado o controle, dificultando assim observar se esses resultados ocorrem tanto no sexo masculino quanto no feminino. Desta forma, futuras investigações podem avançar no entendimento, principalmente das intensidades e volumes da AF sobre outros ISO, como a força e a resistência óssea, sobretudo no papel do comportamento sedentário sobre a DMO.

Conclui-se que o tracking da AF ao longo de sete anos de acompanhamento foi moderado e alto para a DMO, no entanto indivíduos que reduziram a AFM e AFMV apresentam redução da DMO, principalmente nas regiões que suportam a carga do peso corporal, além disso, os indivíduos que mantiveram ou aumentaram a AFM e AFMV obtiveram uma atenuação na redução da DMO.

REFERENCIAS

- AHLUWALIA, M. S. Income distribution and development: some stylized facts. *American Economic Review*, v. 66, n. 2, p. 128-135, 1976.
- BAKKER, I. *et al.* Ten-year longitudinal relationship between physical activity and lumbar bone mass in (young) adults. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 18, n. 2, p. 325–332, 2003.
- BAXTER-JONES, A. D. G. *et al.* Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: An estimation of peak bone mass. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 26, n. 8, p. 1729–1739, 2011.
- BONJOUR J. *et al.* ***Pediatric bone: biology and disease***. San Diego: Academic Press; 2012. p. 120.
- BARBOSA C.C.L. *et al.* Interrelationship between muscle fitness in childhood and bone mineral density in adulthood: mediation analysis of muscle fitness in adulthood. *BMC Public Health*, v. 23, n. 648, 2023.
- BLAND V.L. *et al.* Physical activity, sedentary time, and longitudinal bone strength in adolescent girls. *Osteoporosis International*, n. 31, 2020.
- BULL, F.C. *et al.* World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, v. 54, p. 1451–1462, 2020.
- CHEVALLEY, T.; RIZZOLI, R. Acquisition of peak bone mass. *Best Practice and Research: Clinical Endocrinology and Metabolism*, v. 36, n. 2, p. 1–15, 2022.
- CHEW, C. K.; CLARKE, B. L. Causes of low peak bone mass in women. *Maturitas*, v. 111, p. 61–68, 2018.
- ELHAKEEM, A. *et al.* Physical activity throughout adolescence and peak hip strength in young adults. *JAMA*, v. 3, n. 8, p. e2013463, 2020.
- FAIENZA, M. F. *et al.* How physical activity across the lifespan can reduce the impact of bone ageing: A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 6, p. 1–9, 2020.
- FREEDSON, P. S.; MELANSON, E.; SIRARD, J. Calibration of the computer science and applications, inc. accelerometer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 30, n. 5, p. 777–781, 1998.
- FROST, H. M. Bone's Mechanostat: A 2003 Update. *Anatomical Record - Part A Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology*, v. 275, n. 2, p. 1081–1101, 2003.
- GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Anthropometric standardization reference manual. In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. (Ed. . (org.)). ***Anthropometric standardization reference manual***. Champaign, p. 3–8, 1988.
- HERNANDEZ, C.J.; BEAUPRÉ, G.S.; CARTER, D.R.; A theoretical analysis of the relative influences of peak BMD, age-related bone loss and menopause on the development of osteoporosis. *Osteoporos Int*. 2003;14(10):843–7
- HERVÁS, G. *et al.* Bone health and its relationship with impact loading and the continuity of physical activity throughout school periods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 16, n. 16, 2019.
- JACKOWSKI, S. A. *et al.* Adolescent physical activity and bone strength at the proximal

- femur in adulthood. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 46, n. 4, p. 736–744, 2014.
- LOMBARDI, G.; ZIEMANN, E.; BANFI, G. Physical activity and bone health: What is the role of immune system? A narrative review of the third way. *Frontiers in Endocrinology*, v. 10, 2019.
- LIN, Z. *et al.* Correlation between sedentary activity, physical activity and bone mineral density and fat in America: National Health and Nutrition Examination Survey, 2011-2018, *Scientific Report*, v. 13, n. 1:p. 10054, 2023.
- KELLY, T.L.; WILSON, K.E.; HEYMSFIELD, S.B. Dual energy absorptiometry body composition reference values from NHANES. *PlosOne*, v. 4, n. 9: e7038, 2009.
- KIM, Y.A. *et al.* Effects of physical activity on bone mineral density in older adults: Korea National Health and Nutrition Examination Survey, 2008-2011. *Archives of Osteoporosis*, n. 14, v. 1, p.103, 2019.
- MAIA, J.A.R. *et al.* Uma nota didáctica breve no uso esclarecido de procedimentos estatísticos em análise de dados repetidos no tempo. Um estudo guiado para investigadores das Ciências do Desporto. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, vol. 4, n. 3, p. 115–133, 2004.
- MALINA, R. M. Tracking of physical activity and physical fitness across the lifespan. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v. 67, n. sup3, p. S-48-S-57, 1996.
- Matton L, Thomis M, Wijndaele K, et al. Tracking of physical fitness and physical activity from youth to adulthood in females. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, v. 38, n. 6, p. 1114–20, 2006).
- METCALF, K. M. *et al.* An 8-year longitudinal analysis of physical activity and bone strength from adolescence to emerging adulthood: The Iowa bone development study. *Pediatric Exercise Science*, v. 32, n. 1, p. 58–64, 2020.
- MORSETH, B. Tracking of leisure time physical activity during 28 yr in adults: the Tromsø study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 43, n. 7, p. 1229-1234, 2011.
- NILSSON, M. *et al.* Increased physical activity is associated with enhanced development of peak bone mass in men: A five-year longitudinal study. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 27, n. 5, p. 1206–1214, 2012.
- OURA, P. *et al.* Effects of leisure-time physical activity on vertebral dimensions in the northern finland birth cohort 1966. *Scientific reports*, v. 6, p. 27844, 2016.
- TELAMA, R. *et al.* Tracking of physical activity from early childhood through youth into adulthood. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, v. 46, n. 5, p. 955-962, 2014.
- ROBLING, A. G. *et al.* *Mechanical Adaptation*. 2019.
- RODRIGUEZ-GÓMES, I. *et al.* Associations between sedentary time, physical activity and bone health among older people using compositional data analysis. *PLOS ONE*, n. 13, v. 10, 2018.
- RONQUE, E. R. V. *et al.* Tracking of body adiposity indicators from childhood to adolescence: Mediation by BMI. *PLOS ONE*, v. 13, n. 2: e0191908, 2018.
- ROWLANDS, A. V. *et al.* Physical activity for bone health: how much and/or how hard?. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 52, n. 11, p. 2331–2341, 2020.
- TAMME, R. *et al.* Physical activity in puberty is associated with total body and femoral neck

bone mineral characteristics in males at 18 years of age. *Medicina (Kaunas)*, v. 55, n. 5, 2019.

VINCENT, J. *Statistics in kinesiology*. Champaign: Human Kinetics Books, 1994.

WILLEMS, H.M.E. *et al.* Diet and Exercise: a Match Made in Bone. *Current Osteoporosis Reports*. n.15, p. 555-563, 2017.

ZHENG, S. *et al.* The cross-sectional and longitudinal associations of dietary patterns with knee symptoms and MRI detected structure in patients with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*, v. 29, n. 4, p. 527–535, 2021.

WHO. *Guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. 2020.

ZHU, X.; ZHENG, H. Factors influencing peak bone mass gain. *Frontiers of Medicine*, v. 15, n. 1, p. 53–69, 2021.

ZHU, X.; ZHENG, H. Factors influencing peak bone mass gain. *Frontiers of Medicine*, v. 15, n. 1, p. 53–69, 2021.

ZYMBAL, V. L. *et al.* Determining skeletal geometry. *In: Biomarkers in Bone Disease*. Preedy, 2016.

CAPÍTULO 5

RESUMO

ASSOCIAÇÃO ENTRE DIFERENTES INTENSIDADES E *BOUTS* DA ATIVIDADE FÍSICA E DO PADRÃO DO COMPORTAMENTO SEDENTÁRIO SOBRE A FORÇA E RESISTÊNCIA ÓSSEA EM ADULTOS JOVENS: UM ESTUDO LONGITUDINAL

Introdução: Os indicadores de rigidez e resistência dos ossos vem sendo apontados como importantes para a interpretação da saúde óssea, no entanto é necessário entender o papel das diferentes intensidades da AF e do CS sobre a força e resistência óssea durante a idade adulta, principalmente próximo ao pico de massa óssea. **Objetivo:** Verificar a associação de diferentes intensidades e bouts da atividade física e do comportamento sedentário sobre a força e resistência óssea em adultos jovens em sete anos de seguimento. **Metodologia:** Neste estudo longitudinal de sete anos, 43 adultos jovens de ambos os sexos, com idade entre 25 e 32 foram recrutados. Acelerômetro modelo GT3X+. utilizados durante sete dias foram empregados para estimar as AF de intensidade leve (AFL) moderada (AFM), moderada a vigorosa (AFMV) e o comportamento sedentário (CS), bem como os bouts da AF (de 1 a 2 minutos; de 3 a 4 minutos; de 5 a 9 minutos; e ≥ 10 minutos) e do CS (de 1 a 29 minutos e ≥ 30 minutos) foram definidos e as diferenças entre o *baseline* e o *follow-up* foram calculadas. Os indicadores de força e resistência como o índice de força, a taxa de deformação, a área transversal do momento de inércia do osso (*CSMI*), a área total da superfície do osso (*CSA*) e o módulo de seção Z do osso foram obtidos e a diferença entre o *baseline* e o *follow-up* foram calculadas. O teste t de *Student* foi utilizado para comparação descritiva entre os sexos, a correlação parcial de Pearson foi utilizada para observar a relação entre os indicadores de força e resistência óssea com os diferentes *bouts* de AF e do CS. A Regressão linear foi empregada para observar as associações entre os indicadores de força e resistência óssea com os bouts da AF e do CS. Uma significância de 5% foi adotada. **Resultados:** Foram observadas relações positivas entre os *bouts* de 3 a 4 minutos da AFM e AFMV com o índice de força, módulo de seção Z e *CSMI* ($r=0,32$ e $0,49$) e *bouts* de 5 a 9 minutos de AFMV com o *CSMI* ($r=0,36$) e *CSA* ($r=0,49$), por outro lado os *bouts* entre 1 a 29 minutos de CS apresentaram relação inversa com o índice de força ($r=-0,33$). Da mesma forma, associações positivas entre os *bouts* de 3 a 4 minutos da AFM e AFMV com o índice de força, módulo de seção Z e *CSMI* (entre $\beta=0,002$ e $\beta=0,004$) e *bouts* de 5 a 9 minutos de AFMV com o *CSMI* e *CSA* ($\beta=0,001$) foram observadas, enquanto os bouts de 1 a 29 minutos do CS apresentaram uma associação negativa ($\beta=-0,14$) com o índice de força. **Conclusão:** Os *bouts* da AFM (3 a 4 minutos) e AFMV (3 a 4 minutos e 5 a 9 minutos) foram associados positivamente, enquanto os *bouts* de CS (1 a 29 minutos) negativamente com os indicadores de força e resistência óssea durante a idade adulta, indicando que bouts mais curtos de AF, porém de intensidades mais elevadas, podem influenciar diretamente nos indicadores de força e resistência óssea, por outro lado, *bouts* mais curtos de CS parecem não favorecer a massa óssea.

Palavras-chave: microarquitetura óssea; estudos longitudinais; atividade física; tempo sedentário.

4.5. INTRODUÇÃO

A densidade mineral óssea (DMO) tem sido utilizada como o principal indicador de prevenção da osteoporose e risco de fraturas ao longo dos anos. Apesar da ampla gama de informações que este indicador acrescentou tanto na literatura quanto nos aspectos clínicos, outros parâmetros relacionados a rigidez e a resistência dos ossos vem sendo apontados como importantes marcadores para a interpretação da saúde óssea (Beck, 2007; Jepsen, Mikic, 2001).

Estes parâmetros pautam-se na teoria da mecanostática proposta por Frost (2003), na qual alterações na arquitetura interna e externa dos ossos são promovidas pelo estresse mecânico, através de processos específicos homeostáticos de adaptação do osso como a perda, a formação ou reparo ósseo (Frost, 2003; Robling *et al.*, 2019). Desta forma, estímulo mecânico abaixo do limiar fisiológico do osso, ativaria a remodelação para remover o osso desnecessário, enquanto um estímulo mecânico acima deste limiar fisiológico promoveria a manutenção do osso, ou seja, uma massa óssea em equilíbrio, removendo as células ósseas velhas e as substituindo por novas (ROBLING *et al.*, 2019).

A atividade física (AF) tem sido considerada um dos principais comportamentos para a manutenção do equilíbrio homeostático entre a formação e a reabsorção do osso (Faienza *et al.*, 2020; Lombardi; Ziemann; Banfi, 2019). A AF causaria um efeito positivo no metabolismo ósseo, que através das cargas mecânicas impostas aos ossos, gerando estímulos fisiológicos (Faienza *et al.*, 2020; Lombardi; Ziemann; Banfi, 2019; Nilsson *et al.*, 2012), enquanto o CS teria um efeito contrário, influenciando diretamente a reabsorção óssea, que é responsável pela redução da formação óssea (Koedijk *et al.*, 2017).

Estudos com delineamentos longitudinais tem observado relações positivas entre a AF realizada durante a adolescência, principalmente as de intensidade moderada a vigorosa (AFMV), com maiores áreas corticais e resistência na tíbia e no fêmur (Duckham *et al.*, 2014; Jackowski *et al.*, 2014) e maior conteúdo trabecular (Duckham *et al.*, 2014) em adultos jovens. Nilsson *et al.* (2012) em um estudo longitudinal com adultos de ambos os sexos, observaram relações positivas entre o aumento da AF com o aumento da microarquitetura óssea.

Rowlands *et al.* (2020) apontam que não se deve ignorar os benefícios das diferentes intensidades e do volume da AF sobre a saúde óssea, uma vez que, para alguns parâmetros o volume pode ser mais importante que a intensidade (Boyer *et al.* 2016; Hatfield *et al.*, 2015; Wolff-Hughes *et al.*, 2015), enquanto que para outras regiões anatômicas a intensidade pode ser fundamental (Shadyab *et al.*, 2017; Wu *et al.*, 2017), ou ainda o efeito cumulativo da

intensidade e do volume podem exercer maior impacto sobre a saúde óssea (Rowlands *et al.*, 2019).

No entanto, na população adulta este efeito das diferentes intensidades e do volume da AF e do CS não está claro sobre a força e resistência óssea, uma vez que os estudos com esta faixa etária se utilizaram principalmente do tempo total da AF ou somente das intensidades moderada ou vigorosa e buscaram observar associações somente com a DMO ou o conteúdo mineral ósseo (Delvaux *et al.*, 2001; Bakker *et al.*, 2003; Nilsson *et al.*, 2012).

Uma das possíveis formas de se observar o impacto das diferentes intensidades e do volume tem sido mediante o padrão da AF e do CS, como os *bouts*. Os *bouts* são definidos como períodos ininterruptos em AF ou CS por um certo período (Tremblay *et al.*, 2017). Este padrão comportamental parece ser um importante indicador do volume e das diferentes intensidades da AF e do CS, o que poderia auxiliar no entendimento de como diferentes cargas mecânicas impactam sobre a geometria óssea de adultos jovens.

Diante disto, o objetivo principal deste estudo foi verificar a associação de diferentes intensidades e *bouts* da atividade física e do comportamento sedentário sobre a força e resistência óssea em adultos jovens em sete anos de seguimento.

4.6. MÉTODOS

4.6.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES DO ESTUDO

O presente estudo tem caráter descritivo observacional com delineamento longitudinal, a primeira fase e a segunda fase (*baseline*) foram descritas previamente por Barbosa *et al.* (2023). Em 2023, foi realizado a terceira fase (*follow-up*) através do projeto intitulado “Aptidão física e prática de esportes na infância e adolescência e indicadores de saúde óssea na idade adulta: interação com trajetórias da atividade física na idade adulta”. Participaram deste estudo 43 adultos jovens, de ambos os sexos, com idade entre 26 e 32 anos, que participaram da fase II (idade 18 a 25 anos) e apresentaram as medidas das variáveis antropométricas, de composição corporal (DXA) e de AF (acelerometria).

Todos os participantes, após serem convenientemente informados sobre a proposta do estudo e procedimentos aos quais seriam submetidos, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido – TCLE.

4.6.2. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS E IDADE CRONOLÓGICA

Durante o *baseline* e no *follow-up* a massa corporal foi mensurada em uma balança de plataforma, digital, marca Seca, com precisão de 0,5 kg e a estatura foi obtida por um estadiômetro portátil com precisão de 0,1 cm, marca Harpenden, de acordo com os procedimentos descritos por Gordon *et al.* (1988). Posteriormente o índice de massa corporal (IMC) foi determinado pelo quociente massa corporal/estatura² e a idade cronológica (IC) foi estabelecida de forma centesimal, com base na diferença entre a data de nascimento e a data de avaliação do DXA.

4.6.3. COMPOSIÇÃO CORPORAL

A técnica do DXA foi utilizada para estimar a composição corporal, marca Lunar, modelo G.E. PRODIGY – LNR 41.990. O equipamento foi calibrado seguindo as recomendações do fabricante e foi realizada por um técnico do laboratório com experiência nesse tipo de avaliação. O DXA forneceu informações referente a DMO (g/cm^2) do fêmur que

foi utilizada para a análise dos indicadores de força e resistência óssea através do *HSA*, tanto do *baseline* quanto do *follow-up*. Os parâmetros de força e resistência óssea, como o índice de força, a taxa de deformação, a área transversal do momento de inércia do osso (*CSMI*) (mm^4), a área total da superfície do osso (*CSA*) (mm^2) e o módulo de seção Z do osso (mm^3) (BECK, 2007) foram obtidos. Para a análise dos dados foi calculado a diferença dos indicadores de força e resistência óssea entre o *baseline* e o *follow-up* ($(\text{follow-up} - \text{baseline}) / \text{baseline}$), resultando para cada região anatomia analisada uma nova unidade de medida ($\Delta \text{g/cm}^2$).

4.6.4. ATIVIDADE FÍSICA E COMPORTAMENTO SEDENTÁRIO

A AF e CS foi obtida por meio do uso de acelerômetros da marca ActiGraph (*ActiGraph, Pensacola, FL, USA*), modelo GT3X+, utilizados por sete dias consecutivos. A validação dos dados seguiram os seguintes critérios: I) 60 minutos de zeros consecutivos como tempo de não-uso; II) registro mínimo de oito horas de tempo de uso (≥ 480 minutos diários); III) pelo menos quatro dias válidos de dados registrados, sendo pelo menos um dia do final de semana, além disso, as intensidades da AF leve (AFL), moderada (AFM), moderada a vigorosa (AFMV) e do CS (tempo sedentário) e seus respectivos padrões (tempo total de *bouts*), foram calculadas a partir dos pontos de cortes por Freedson *et al.* (1998).

Os *bouts* em AFL, AFM e AFMV foram definidos como períodos de minutos consecutivos em AF nestas respectivas intensidades e foram calculados nos seguintes intervalos de tempo: a) *bouts* de 1 a 2 minutos; b) *bouts* de 3 a 4 minutos; c) *bouts* de 5 a 9 minutos; e d) *bouts* ≥ 10 minutos. Para os *bouts* do CS (séries sedentárias) foram definidos como períodos ininterruptos de CS e calculados nos seguintes intervalos de tempo: a) *bouts* de 1 a 29 minutos; b) *bouts* ≥ 30 minutos (HEALY *et al.*, 2008). Para fins de análise, foi calculado a diferença entre o *baseline* e o *follow-up* ($(\text{follow-up} - \text{baseline}) / \text{follow-up}$) dos diferentes *bouts* da AFL, AFM, AFMV e do CS, resultando em uma nova unidade de medida ($\Delta \text{min./dia}$).

4.6.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para caracterização da amostra foi utilizada a estatística descritiva com valores de média e desvio padrão e a assimetria e curtose para a normalidade dos dados. As comparações entre o *baseline* e o *follow-up* em ambos os sexos foram realizadas pelo teste t de Student. A Correlação

parcial de Pearson's, controlada pelo sexo, foi utilizada para observar as relações entre as diferenças do *baseline* e *follow-up* dos indicadores de força e resistência óssea com as diferenças do *baseline* e *follow-up* dos diferentes *bouts* da AFL, AFM, AFMV e do CS. A Regressão Linear, controlada por sexo e idade, foi empregada para observar as associações entre as diferenças do *baseline* e *follow-up* dos indicadores de força e resistência com os *bouts* da AFL, AFM, AFMV, e o tempo total de AF e de CS foram utilizados como variável de controle para as análises do CS e AF respectivamente. Para todas as análises de dados foi utilizado o software SPSS versão 25.0 e uma significância de 5% foi adotada.

5.4. RESULTADOS

A análise de *drop-out* foi utilizada para verificar o efeito da perda amostral de indivíduos da fase II que desistiram e os indivíduos que permaneceram na fase III. A AFM no sexo feminino foi a única variável a apresentar diferença significativa entre os que participaram no *baseline* e os que não participaram da etapa *follow-up*.

A extensão do erro do avaliador e da calibração do DXA foi realizada pelo coeficiente de correlação intraclass (CCI) e as variáveis de saúde óssea apresentaram uma alta reprodutibilidade (0,959 a 0,997), conforme classificação proposta por Vincent (1994).

A Tabela 5.1 apresenta a descrição, por sexo, dos participantes nos períodos do *baseline* e no *follow-up* e a comparação das variáveis de antropometria, dos indicadores de força e resistência óssea e dos *bouts* das AFL, AFM e AFMV. No geral, os participantes no *follow-up* apresentaram maior massa corporal (6,2%), estatura (0,6%), IMC (5,7%) e *CSMI* (10,2%), e menor *bouts* de 1 a 2 minutos na AFL (19,9%), *bouts* de 1 a 29 minutos (18,3%) e *bouts* acima de 30 minutos (20,4%) de CS.

Tabela 5.1 – Descrição das variáveis antropométricas, AF e DMO dos participantes do estudo em média, desvio padrão e diferença média entre o *baseline* e *follow-up* (n=43).

Variáveis	Masculino (n=24)			Feminino (n=19)			Geral (n=43)		
	Baseline (2016)	Follow-up (2023)	≠ Média	Baseline (2016)	Follow-up (2023)	≠ Média	Baseline (2016)	Follow-up (2023)	≠ Média
Idade cronológica (anos)	22,7±1,7	29,8±1,8**	7,1	22,2±1,9	29,2±2,0**	7,1	22,5±1,8	29,5±1,8**	7,1
Massa corporal (kg)	77,3±14,2	82,1±15,7*	4,8	58,7±9,2	63,6±8,9*	4,8	69,1±15,3	73,9±16,0**	5,6
Estatura (cm)	176,6±6,9	176,9±7,0	0,2	165,4±7,26	165,9±7,5	0,5	171,7±8,9	172,7±9,0*	0,3
IMC (kg/estatura ²)	24,7±3,5	26,1±3,9*	1,4	21,4±2,4	23,1±2,5*	1,7	23,2±3,4	24,8±3,7**	1,5
Índice de força	1,5±0,5	1,5±0,3	0,00	1,7±0,4	1,5±0,3	-0,13	1,6±0,5	1,5±0,3	-0,05
Taxa de deformação	2,9±1,3	3,2±1,4	0,24	3,7±1,2	3,0±1,6	-0,67	3,3±1,3	3,1±1,5	-0,16
Módulo seção Z (mm ³)	857,1±222,2	903,0±168,8	45,8	563,8±118,8	606,6±103,8*	42,7	727,5±234,0	772,0±205,9	44,5
CSMI (mm ⁴)	14472,2±4536,1	15979,2±3735,7*	1506,9	8293,5±2078,6	9101,7±1690,9*	808,3	11742,1±4561,9	12940±4561,8*	1198,2
CSA (mm ²)	186,0±37,1	183,9±30,4	-2,0	142,4±24,2	144,3±22,1	1,9	166,7±38,5	166,4±33,3	-0,30
AFL bouts 1 a 2 min. (min/dia)	667,6±159,2	523,4±129,3*	-144,1	612,6±169,1	505,1±103,9*	-107,5	643,2±164,0	515,3±117,8**	-127,9
AFL bouts 3 a 4 min. (min/dia)	424,2±145,6	368,2±110,2	-56,0	381,0±115,9	363,2±110,0	-17,8	405,1±133,6	366,0±108,8	-39,1
AFL bouts 5 a 9 min (min/dia)	468,0±172,9	416,0±154,5	-52,0	391,4±135,2	391,8±122,9	0,5	434,2±160,3	405,3±140,4	-28,8
AFL bouts >10 min (min/dia)	288,8±321,6	286,3±321,6	-2,5	139,1±98,8	162,0±130,2	22,8	222,7±178,6	231,4±260,4	9,7
AFM bouts 1 a 2 min. (min/dia)	67,7±35,7	77,3±41,3	9,6	43,7±21,6	52,1±19,9	8,5	57,1±32,3	66,2±35,5	9,1
AFM bouts 3 a 4 min. (min/dia)	24,7±21,0	23,2±14,9	-1,5	27,5±18,7	19,9±12,1	-7,6	26,0±19,8	21,8±13,7	-4,2
AFM bouts 5 a 9 min (min/dia)	23,5±14,9	23,2±25,9	-0,3	20,5±20,8	18,0±15,2	2,5	22,2±25,0	20,9±21,8	-1,3
AFM bouts >10 min (min/dia)	18,7±28,4	26,2±40,9	7,6	20,3±35,3	10,8±25,4	-9,5	19,4±31,2	19,4±35,4	0,01
AFMV bouts 1 a 2 min. (min/dia)	70,7±38,0	82,7±43,9	12,0	46,8±24,4	54,8±23,2	8,0	60,1±34,5	70,1±38,5	10,2
AFMV bouts 3 a 4 min. (min/dia)	25,6±21,6	25,4±15,7	0,1	29,8±19,7	20,8±13,2	-9,0	27,5±20,6	23,4±14,7	4,1
AFMV bouts 5 a 9 min (min/dia)	26,9±28,7	25,6±27,7	1,3	22,6±22,1	18,4±15,8	-4,2	25,0±25,8	22,4±23,2	2,6
AFMV bouts >10 min (min/dia)	21,5±28,6	28,4±40,5	6,9	26,3±39,8	11,4±25,3	-14,8	23,6±33,6	20,9±35,3	-2,7
CS bouts 1 a 29 min. (min/dia)	3110,7±745,8	2440,2±625,7*	-670,5	3035,6±878,7	2602,6±567,6*	-429,0	3077,5±798,1	2513,7±599,5**	-563,8
CS bouts >30 min. (min/dia)	871,9±426,8	699,3±356,3	172,6	1000,4±542,8	788,5±348,9	-211,8	928,6±478,8	738,7±351,7*	-189,9

Nota: IMC = índice de massa corporal; CSA: área total da superfície do osso; CSMI: área transversal do momento de inércia do osso; AFL: atividade física leve; AFM: atividade física moderada; AFMV: atividade física de moderada a vigorosa; *= $p < 0,05$; **= $p > 0,001$.

A Tabela 5.2 apresenta a relação entre o delta dos indicadores de força e resistência óssea com o delta dos *bouts* nas diferentes intensidades da AF e do CS. Foram observadas relações positivas de 0,33 a 0,55 entre os *bouts* de 3 a 4 minutos da AFM e AFMV com o índice de força ($p<0,05$), o módulo de seção Z ($p<0,05$) e *CSMI* ($p<0,05$). Os *bouts* de 5 a 9 minutos da AFMV relacionou-se positivamente com o *CSMI* ($r=0,36$; $p<0,05$) e *CSA* ($r=0,33$; $p<0,05$). Os *bouts* de 1 a 29 minutos do CS relacionou-se negativamente somente com o índice de força ($r= -0,33$; $p<0,05$).

Tabela 5.2 – Valores da correlação parcial (r) entre os indicadores de força e resistência óssea com os *bouts* das diferentes intensidades da AF e do CS ($n=43$)

Variáveis	Δ Índice de força	Δ Taxa de deformação	Δ Módulo seção Z	Δ <i>CSMI</i>	Δ <i>CSA</i>
Δ AFL <i>bouts</i> 1 a 2 min.	-0,240	0,045	-0,151	-0,096	-0,157
Δ AFL <i>bouts</i> 3 a 4 min.	-0,142	-0,066	-0,010	0,066	-0,079
Δ AFL <i>bouts</i> 5 a 9 min	-0,189	-0,084	0,00	0,030	-0,053
Δ AFL <i>bouts</i> >10 min.	-0,133	-0,059	-0,037	-0,010	-0,034
Δ AFM <i>bouts</i> 1 a 2 min.	0,093	0,047	0,168	0,150	0,190
Δ AFM <i>bouts</i> 3 a 4 min.	0,453*	-0,248	0,373*	0,549**	0,302
Δ AFM <i>bouts</i> 5 a 9 min.	0,133	0,107	0,032	0,124	0,103
Δ AFM <i>bouts</i> >10 min.	0,179	-0,083	0,050	0,070	0,130
Δ AFMV <i>bouts</i> 1 a 2 min.	0,074	-0,022	0,165	0,141	0,154
Δ AFMV <i>bouts</i> 3 a 4 min.	0,459*	-0,150	0,365*	0,545**	0,291
Δ AFMV <i>bouts</i> 5 a 9 min.	0,182	-0,003	0,273	0,363*	0,335*
Δ AFMV <i>bouts</i> >10 min.	-0,086	-0,145	0,078	-0,018	0,047
Δ CS <i>bouts</i> 1 a 29 min.	-0,332*	0,095	-0,155	-0,167	-0,172
Δ CS <i>bouts</i> >30 min.	0,192	0,249	0,112	0,071	0,109

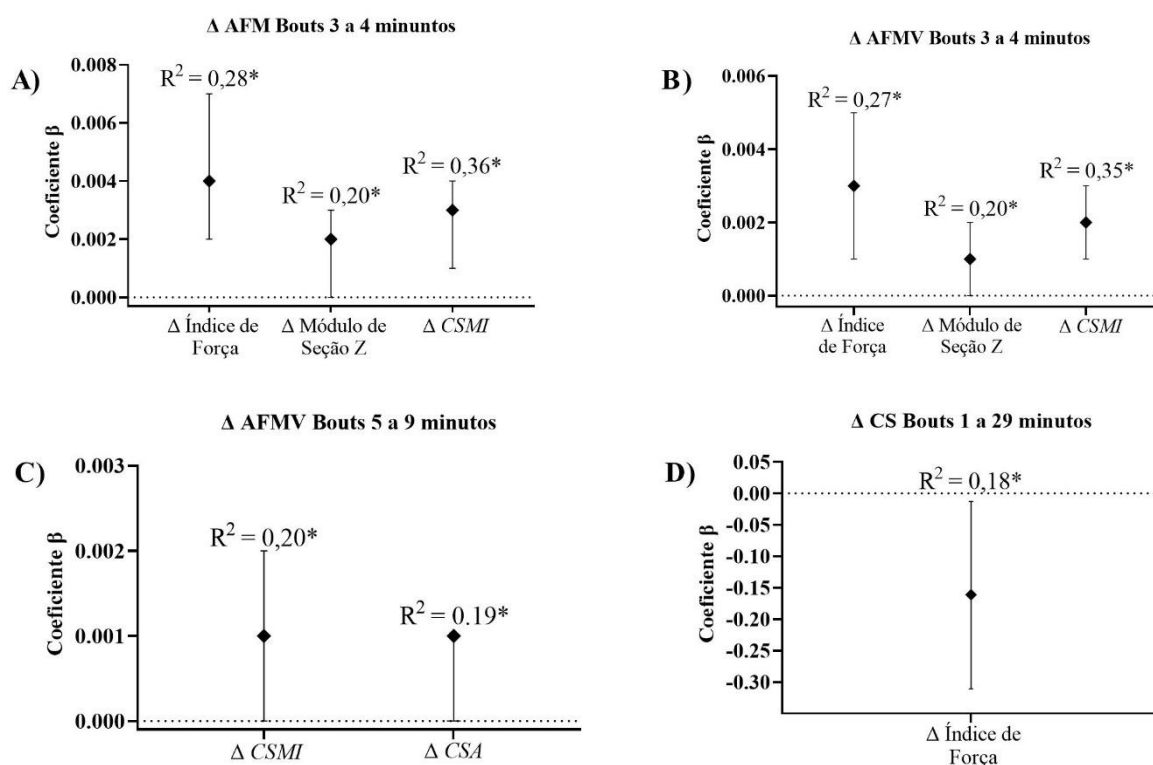
Nota: $\Delta = ((\text{follow-up} - \text{baseline}) / \text{baseline})$; AFL = atividade física leve; AFV: atividade física vigorosa; AFMV: atividade física de moderada a vigorosa; CS= comportamento sedentário; * $p<0,05$; **= $p<0,001$; todas as análises foram ajustadas pelo sexo e idade cronológica do *baseline*.

A Figura 5.1 apresenta as associações entre o delta dos indicadores de força e resistência óssea com o delta das diferentes intensidades da AF e do CS, somente das variáveis que apresentaram uma relação significativa ($p<0,05$). Os resultados demonstraram que o aumento dos *bouts* de AFM e AFMV com duração de 3 a 4 minutos explicou em torno de 28% do índice

de força ($\beta=0,004$; IC=0,002; 0,007 e $\beta=0,003$; IC=0,00; 0,005), que é um indicador de resistência a cargas de compressão e está associado ao menor risco de fraturas, 20% do modulo de seção Z ($\beta=0,002$; IC=0,000; 0,003 e $\beta=0,001$; IC=0,000; 0,002), um indicador de resistência óssea a flexão e maior capacidade de suportar cargas e em torno de 36% do *CSMI* ($\beta=0,003$; IC=0,001; 0,004 e $\beta=0,002$; IC=0,001; 0,003), que é um indicador de resistência a flexão e torção do osso, responsável por indicar o maior suporte de cargas aplicadas ao osso em diferentes direções.

O aumento de *bouts* de AFMV com duração entre de 5 a 9 minutos associou-se positivamente com o *CSMI* ($\beta=0,001$; IC=0,000-0,002) e a *CSA* ($\beta=0,001$; IC=0,000-0,001), que é um indicador de área da superfície óssea e está associado a resistência do osso. Por outro lado, os *bouts* de CS entre 1 a 29 minutos apresentou uma associação negativa com o índice de força, apontando que o aumento de um *bouts* de CS reduziu em até 16% (IC= -0,311; -0,013) a resistência do osso a cargas de compressão.

Figura 5.1 - Associação entre os indicadores de força e resistência óssea com os *bouts* das diferentes intensidades da AF e do CS (n=43).



Nota: Análises controlada pelo sexo, idade cronológica do *baseline* e pela diferença total da AF e do CS entre o *baseline* e *follow-up* (AF= controlada pelo CS total; CS= controlado pela AF total).

5.6. DISCUSSÃO

O objetivo principal deste estudo foi verificar a associação de diferentes intensidades e *bouts* da AF e do CS sobre a força e resistência óssea em adultos jovens em sete anos de seguimento. Como resultado principal, observou-se que o aumento dos *bouts* de AFM e AFMV entre 3 a 4 minutos, respectivamente explicou 31% do índice de força e 14% do módulo de seção Z, enquanto que os *bouts* de AFMV entre 5 a 9 minutos de AFMV promoveu aumento significativo do *CSMI*. Enquanto os *bouts* de CS com duração entre 1 a 29 reduziu em até 16% o índice de força óssea.

Estes resultados sugerem que, ao longo dos anos o aumento por exemplo de 5 *bouts* de AFM entre 3 a 4 minutos poderia ocorrer o acréscimo de 2% no índice de força, 1% no módulo de seção Z e 1,5% do *CSMI*, e de 0,5% na *CSA* nos *bouts* de AFMV entre 5 e 9 minutos. Ao observarmos superficialmente estes percentuais podem parecer irrelevante, contudo, devemos levar em consideração que estamos observando ao longo do tempo a alteração de uma variável que sofre pouca variação em população desta faixa etária. Baxter-Jones *et al.* (2011) em um estudo longitudinal misto apontaram que o PMO ocorre por volta do início da terceira década de vida e que até o final desta década poucas alterações no conteúdo e na densidade óssea são observadas, desta forma, identificar os impactos da AF e do CS sobre os indicadores de força e resistência óssea torna-se uma importante informação.

Nas últimas décadas, a literatura vem buscando entender o papel da AF sobre os ISO, como o CMO e a DMO, principalmente durante os períodos da adolescência e início da idade adulta (Gabel *et al.*, 2017; Tamme *et al.*, 2019; Metcalf *et al.*, 2020; Elhakeem *et al.*, 2020; Rowlands *et al.*, 2020; Ng *et al.*, 2022). Poucos estudos acompanhando exclusivamente a idade adulta tem sido realizado (Delvaux *et al.*, 2001; Bakker *et al.*, 2003; Nilsson *et al.*, 2012), e nenhum estudo até este momento buscou observar a influência das diferentes intensidades de *bouts* da AF sobre a força e resistência do osso.

Rowlands *et al.* (2020) observaram que diferentes gradientes da AF de alta intensidade realizada entre o período da adolescência e início da idade adulta foram benéficos para a DMO em diferentes regiões anatômicas, independente do volume realizado. Por outro lado, o volume da AF, mesmo que em intensidades mais leves, proporcionou benefícios nos indicadores de resistência óssea como a *CSMI* e seção módulo Z. Nilsson *et al.* (2012) observaram que o aumento da AF durante a idade adulta foi responsável pela melhora da força e resistência óssea.

No entanto, devido ao uso de questionários para obter a medida da AF, não foi possível observar o impacto de diferentes volumes e intensidades da AF nestes indicadores.

Os *bouts* da AFM e AFMV com duração de 3 a 4 minutos, assim como os *bouts* de AFMV com duração entre 5 a 9 minutos, parecem promover benefícios na força e resistência óssea, principalmente devido às cargas de compressão, flexão e torção exercidas sobre o pescoço do fêmur. Essas cargas mecânicas podem causar um efeito positivo no metabolismo ósseo nas estruturas macro e microscópicas através de processos que incluem a taxa de restauração óssea, a microarquitetura óssea, as propriedades

Uma das possíveis explicações para este aumento pauta-se em fundamentos mecânicos, como a curva de força e deslocamento, o estresse e a tensão de carga inicial e o módulo de elasticidade. Desta forma, a intensidade e o volume da AF podem resultar em deformações reversíveis, devido à capacidade de absorção de energia, ou irreversíveis dependendo da direção da carga aplicada (Wallace, 2019). Assim, uma resposta adaptativa ocorreria quando o estímulo das cargas está acima ou abaixo de um certo limiar, gerando janelas de uso que podem causar a perda, a formação ou a reparação óssea (Robling *et al.*, 2019).

Estes fundamentos podem ser observados a partir do momento que não são encontradas associações, como por exemplo, entre os *bouts* de AFL e os *bouts* de AFM entre 1 a 2 minutos ou acima de 10 minutos com os indicadores de força e resistência óssea, parecendo existir um limiar de volume e intensidade para cada indicador. Outro exemplo é a associação da CSA com os *bouts* de AFMV entre 5 a 9 minutos, demonstrando que em AF de menores intensidades e *bouts* mais curtos não apresentam os mesmos benefícios.

Por outro lado, o CS parece ter um papel inverso, o resultado demonstrou que a cada *bouts* de CS entre 1 a 29 minutos ocorreu uma redução do índice de força. Gabel *et al.* (2017) observaram em seu estudo, realizado entre a adolescência e início da idade adulta, um efeito negativo sobre a geometria óssea, corroborando com os achados deste estudo. No entanto, até este momento, não existem estudos que buscaram observar a associação entre o CS com os indicadores de força e resistência óssea, dificultando assim a comparação desses achados.

Era esperado também que os *bouts* do CS mais longos, como os acima de 30 minutos, apresentassem um impacto negativo sobre os indicadores de força e resistência óssea, uma vez que um estímulo mecânico abaixo do limiar fisiológico do osso (desuso) provocaria a remodelação e retirada do osso desnecessário (Robling *et al.*, 2019). Uma das possíveis explicações para os *bouts* de CS mais longos não apresentarem associações é apontada por

Gabel *et al.* (2017), que observaram associações positivas do CS com a geometria óssea e relataram que altos níveis de AF proporcionariam a osteogênese, enquanto o alto volume em CS promoveria uma consolidação óssea através da recuperação da sensibilidade das células ósseas, sugerindo que nem todo tempo em CS seria prejudicial a microarquitetura e a DMO, principalmente naqueles que atingem intensidades elevadas de AF.

Nossos resultados confirmam parcialmente essa hipótese, visto que os *bouts* mais curtos de CS (1 a 29 minutos) foram associados negativamente com o índice de força, por outro lado o maior tempo em CS não se mostrou associado com o aumento dos ISO. Talvez observar o impacto de diferentes tempos de padrões do CS em menores faixas, como por exemplo 1 a 14 minutos, 15 a 29 minutos, 30 a 44 minutos e assim por diante, poderiam contribuir com o entendimento dessa relação da massa óssea com o tempo em CS.

Este é o primeiro estudo a observar o impacto dos bouts da AF e do CS sobre os indicadores de força e resistência óssea durante a idade adulta. Destacam-se como pontos fortes o delineamento longitudinal de sete anos, a utilização da acelerometria e dos diferentes *bouts* e intensidades da AF e da utilização da DXA em ambos os momentos do estudo (*baseline* e *follow-up*). Como ponto fraco, destacamos o tamanho amostral e a impossibilidade de estratificação por sexo, embora tenha sido realizado o controle, dificultando assim observar se esses resultados ocorrem tantos em homens quanto em mulheres. Futuras investigações podem avançar no entendimento, principalmente de quais limiares da AFM e da AFMV, assim como do CS, regulariam a modelação e remodelação óssea, principalmente na população feminina.

Desta forma, concluímos que *bouts* da AFM (3 a 4 minutos) e AFMV (3 a 4 minutos e 5 a 9 minutos) associam-se positivamente, enquanto os *bouts* de CS (1 a 29 minutos) associaram-se negativamente com os indicadores de força e resistência óssea durante a idade adulta, indicando que tanto o volume (AF e CS) quanto a intensidade (AF) podem influenciar diretamente os indicadores de força e resistência óssea.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA C.C.L. *et al.* Interrelationship between muscle fitness in childhood and bone mineral density in adulthood: mediation analysis of muscle fitness in adulthood. *BMC Public Health*, v. 23, n. 648, 2023.
- BAXTER-JONES, A. D. G. *et al.* Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: An estimation of peak bone mass. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 26, n. 8, p. 1729–1739, 2011.
- BECK, T. J. Extending DXA beyond bone mineral density: understanding hip structure analysis. *Current Osteoporosis Reports*, v. 5, n. 2, p. 49–55, 2007.
- BOYER, W.R. *et al.* Accelerometer-derived total activity counts, bouts minutes of moderate to vigorous activity, and insulin resistance: NHANES 2003–2006. *Preventing Chronic Disease*, v.13, 2016.
- DUCKHAM, R. L. *et al.* Does physical activity in adolescence have site-specific and sex-specific benefits on young adult bone size, content, and estimated strength?. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 29, n. 2, p. 479–486, 2014.
- FAIENZA, M. F. *et al.* How physical activity across the lifespan can reduce the impact of bone ageing: A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 6, p. 1–9, 2020.
- FREEDSON, P. S.; MELANSON, E.; SIRARD, J. Calibration of the computer science and applications, inc. accelerometer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 30, n. 5, p. 777–781, 1998.
- FROST, H. M. Bone's mechanostat: A 2003 update. *Anatomical Record - Part A Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology*, v. 275, n. 2, p. 1081–1101, 2003.
- GABEL, L. *et al.* Bouts of vigorous physical activity and bone strength accrual during adolescence. *Pediatric Exercise Science*, v. 29, n. 4, p. 465–475, 2017.
- GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Anthropometric standardization reference manual. In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. (Ed. . (org.)). *Anthropometric standardization reference manual*. Champaigned, p. 3–8, 1988.
- HATFIELD, D.P. *et al.* Economos CD. Exploring new relationships between physical activity volume and intensity and cardiometabolic risk in U.S. adolescents. *Journal of Physical Activity and Health*, v. 12, p:1312–9, 2015.
- HEALY, G. N. *et al.* Objectively measured sedentary time, physical activity, and aetabolic risk. *Diabetes Care*, v. 31, n. 2, 2008.
- JACKOWSKI, S. A. *et al.* Adolescent physical activity and bone strength at the proximal femur in adulthood. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 46, n. 4, p. 736–744, 2014.
- JEPSEN, K. J.; MIKIC, B. Understanding bone strength : size isn't everything. *Bone*, v. 29, n. 2, p. 101–104, 2001.
- KOEDIJK, J. B. *et al.* Sedentary behaviour and bone health in children, adolescents and young adults: a systematic review. *Osteoporosis International*, v. 28, n. 9, p. 2507–2519, 2017.

- LOMBARDI, G.; ZIEMANN, E.; BANFI, G. Physical activity and bone health: What is the role of immune system? A narrative review of the third way. *Frontiers in Endocrinology*, v. 10, 2019.
- NILSSON, M. *et al.* Increased physical activity is associated with enhanced development of peak bone mass in men: A five-year longitudinal study. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 27, n. 5, p. 1206–1214, 2012.
- ROBLING, A. G. *et al.* *Mechanical Adaptation*. 2019.
- RODRIGUEZ-GÓMEZ, I. *et al.* Associations between sedentary time, physical activity and bone health among older people using compositional data analysis. *PLoS ONE*, n. 13, v. 10, 2018.
- ROWLANDS A.V. *et al.* Activity intensity, volume, and norms: utility and interpretation of accelerometer metrics. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 51, p: 2410–22, 2019.
- ROWLANDS, A. V. *et al.* Physical activity for bone health: how much and/or how hard?. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 52, n. 11, p. 2331–2341, 2020.
- SHADYAB, A.H. *et al.* Association of accelerometer-measured physical activity with leukocyte telomere length among older women. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, v.12, p:1532–7, 2017.
- TREMBLAY, M. S. *et al.* Sedentary Behavior Research Network (SBRN) - Terminology consensus project process and outcome. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, v. 14, n. 1, p. 1–17, 2017.
- VINCENT, J. *Statistics in kinesiology*. Champaign: Human Kinetics Books, 1994.
- WALLACE, J. M. *Skeletal hard tissue biomechanics*. Second Edied.: Elsevier Inc., 2019. *E-book*.
- WOLFF-HUGHES, D.L. *et al.* Total activity counts and bouted minutes of moderate-to-vigorous physical activity: relationships with cardiometabolic biomarkers using 2003–2006 NHANES. *Journal of Physical Activity and Health*, v. 12, p:694–700, 2015.
- WU, F. *et al.* Moderate-to-vigorous physical activity but not sedentary time is associated with musculoskeletal health outcomes in a cohort of Australian middle-age women. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 32, p:708–15, 2017.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos desta tese foram: i) analisar longitudinalmente os impactos da AF e do CS nos indicadores de saúde óssea em adultos jovens, por meio de uma revisão sistemática da literatura; ii) Verificar a associação entre o tracking da atividade física moderada a vigorosa com os indicadores de saúde óssea em adultos jovens; e iii) verificar a associação de diferentes intensidades e bouts da atividade física e do comportamento sedentário sobre a força e resistência óssea em adultos jovens em um estudo de sete anos de seguimento.

A hipótese inicial do estudo foi que os participantes que mantivessem o nível de AF ao longo dos sete anos de acompanhamento teriam maiores benefícios sobre os ISO e que diferentes intensidades e bouts da AF promoveriam diferentes ganhos sobre os indicadores de força e resistência óssea, assim como séries curtas de CS teriam maiores benefícios sobre os indicadores de força e resistência óssea, no entanto, nossa hipótese se confirmou parcialmente, assim, os resultados obtidos com o presente estudo permitem concluir que:

Quanto ao primeiro objetivo, o principal achado é que as evidências do efeito positivo da prática de AF e suas intensidades entre período da adolescência até a idade adulta com os ISO parecem estar mais consolidadas, principalmente nos rapazes, sendo necessário entender o papel das intensidades e do volume da AF na população feminina em todos os períodos observados, por outro lado são necessários novos estudos que busquem observar o impacto do CS nos diferentes períodos da vida sobre os ISO na idade adulta.

Para o segundo objetivo, nossos resultados apontaram que o tracking da AF ao longo de sete anos de acompanhamento foi classificado como moderado e alto para o acompanhamento da DMO, no entanto indivíduos que reduziram a AFM e AFMV apresentam redução da DMO comparados ao grupo que manteve a AF, principalmente nas regiões que suportam a carga do peso corporal, além disso, os indivíduos que mantiveram ou aumentaram a AFM e AFMV obtiveram uma atenuação na redução da DMO.

Para o terceiro objetivo, nossos resultados demonstraram que bouts da AFM (3 a 4 minutos) e AFMV (3 a 4 minutos e 5 a 9 minutos) associam-se positivamente, enquanto os bouts de CS (1 a 29 minutos) associaram-se negativamente com os indicadores de força e resistência óssea durante a idade adulta, indicando que tanto o volume (AF e CS) quanto a intensidade (AF) podem influenciar diretamente os indicadores de força e resistência óssea.

Essas informações tornam-se importantes para o entendimento do comportamento dos ISO durante o início e final da terceira década de vida, uma vez que com estes resultados pode-se observar através da revisão sistemática que adolescentes mais ativos tendem a ter maior DMO durante o início da idade adulta. Desta forma, avançamos no entendimento do comportamento dos ISO como a DMO no segundo artigo, apontando através do acompanhamento de sete anos que os ganhos obtidos no início da idade adulta tendem a se manter até o final da terceira década de vida. Além disso, o terceiro artigo avançou no entendimento das diferentes intensidades e no volume da AF e do CS são necessários para a manutenção ou aumento dos indicadores de força e resistência óssea, apontando que principalmente o aumento dos bouts de AFM e AFMV entre 1 a 9 minutos podem proporcionar benefícios a força óssea.

Contudo, ainda necessitamos avançar no entendimento principalmente do CS sobre a força óssea, uma vez que se esperava que bouts curtos de CS atenuassem a perda de força óssea, o que não observamos neste estudo. Desta forma, é necessário avançarmos no entendimento sobre a partir de qual ponto o tempo de AFM, AFMV e do CS os limiares deixam de trazer benefícios sobre a DMO e os indicadores de força e resistência óssea, sobretudo na população feminina.

Como aplicações práticas, estas informações podem subsidiar ações de intervenções com objetivo de aumentar principalmente a AFM e AFMV para a promoção da saúde óssea e prevenção de doenças como a osteoporose, minimizando gastos públicos e proporcionando

maior qualidade de vida às pessoas. Além disso, pode contribuir na disseminação de conhecimentos aos profissionais da área da saúde, assim como subsidiar futuros guias de recomendações de AF.

REFERÊNCIAS

- 2018 PHYSICAL ACTIVITY GUIDELINES ADVISORY COMMITTEE. *2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee Scientific Report*. 2018.
- AINSWORTH, B. E. *et al.* 2011 compendium of physical activities: A second update of codes and MET values. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 43, n. 8, p. 1575–1581, 2011.
- AL RASSY, N. *et al.* Bone geometric properties of the femoral neck in underweight eumenorrheic women. *Journal of Clinical Densitometry*, v. 22, n. 2, p. 272–278, 2019.
- ALLEN, M. R.; BURR, D. B. Bone growth, modeling, and remodeling. *Basic and Applied Bone Biology*, p. 85–100, 2019.
- ALTENBURG, T. M.; CHINAPAW, M. J. M. Bouts and breaks in children’s sedentary time: Currently used operational definitions and recommendations for future research. *Preventive Medicine*, v. 77, p. 1–3, 2015. Disponível em:
- ARVIDSSON, A.; FRIDOLFSSON, J.; BORJESSON, M. Measurement of physical activity in clinical practice using accelerometers. *Journal of Internal Medicine*, v. 286, p. 137–153, 2019.
- ASHE, M. C. *et al.* Physical activity and bone health in men: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Bone Metabolism*, v. 28, n. 1, p. 27–39, 2021.
- BARBOSA C.C.L. *et al.* Interrelationship between muscle fitness in childhood and bone mineral density in adulthood: mediation analysis of muscle fitness in adulthood. *BMC Public Health*, v. 23, n. 648, 2023.
- BAECKE, J.A.; BUREMA, J.; FRIJTERS, J.E. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 36, p. 936–42, 1982.
- BAKKER, I. *et al.* Ten-year longitudinal relationship between physical activity and lumbar bone mass in (young) adults. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 18, n. 2, p. 325–332, 2003.
- BAXTER-JONES, A. D. G. *et al.* A longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual from adolescence to young adulthood. *Bone*, v. 43, n. 6, p. 1101–1107, 2008.
- BAXTER-JONES, A. D. G. *et al.* Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: An estimation of peak bone mass. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 26, n. 8, p. 1729–1739, 2011.
- BAZZOCCHI, A. *et al.* DXA: Technical aspects and application. *European Journal of Radiology*, v. 85, n. 8, p. 1481–1492, 2016.
- BECK, T. J. Extending DXA beyond bone mineral density: understanding hip structure analysis. *Current Osteoporosis Reports*, v. 5, n. 2, p. 49–55, 2007.
- BECK, T. J. *et al.* Predicting femoral neck strength from bone mineral data: a structural approach. *Investigative radiology*, v. 25, n. 1, p. 6–18, 1990.
- BIELEMANN, R. M. *et al.* Physical activity throughout adolescence and bone mineral density in early adulthood: The 1993 Pelotas (Brazil) Birth Cohort Study. *Osteoporosis International*, v. 25, n. 8, p. 2007–2015, 2014.

- BOYER W.R. *et al.* Accelerometer-derived total activity counts, bouts of moderate to vigorous activity, and insulin resistance: NHANES 2003–2006. *Preventing Chronic Disease*, v.13, 2016.
- BONJOUR J. *et al.* ***Pediatric bone: biology and disease***. San Diego: Academic Press; 2012. p. 120.
- BULL, F. C. *et al.* World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, v. 54, n. 24, p. 1451–1462, 2020.
- BURR, D. B. ***Bone Morphology and Organization***. Second Edition.: Elsevier Inc., 2019.
- CANTO, G. L. ***Revisões sistemáticas da literatura: guia prático***. Brazil Pubed. Curitiba: 2020.
- CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. E.; CHRISTERNSON, G. M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research synopsis. *Public Health Reports*, v. 100, n. 2, p. 126–131, 1985.
- CHASTIN, S. F.; MANDRICHENKO, O.; SKELTON, D. A. The frequency of osteogenic activities and the pattern of intermittence between periods of physical activity and sedentary behaviour affects bone mineral content: The cross-sectional NHANES study. *BMC Public Health*, v. 14, n. 1, 2014.
- CHEVALLEY, T.; RIZZOLI, R. Acquisition of peak bone mass. *Best Practice and Research: Clinical Endocrinology and Metabolism*, v. 36, n. 2, p. 1–15, 2022.
- CHEW, C. K.; CLARKE, B. L. Causes of low peak bone mass in women. *Maturitas*, v. 111, p. 61–68, 2018.
- CLIFF, D. P. *et al.* Objectively measured sedentary behaviour and health and development in children and adolescents: Systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, v. 17, n. 4, p. 330–344, 2016.
- DELVAUX, K. *et al.* Bone mass and lifetime physical activity in Flemish males: a 27-year follow-up study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, United States, v. 33, n. 11, p. 1868–1875, 2001.
- DIAZ, K.M. *et al.* Patterns of sedentary behavior and mortality in u.s. middle-aged and older adults: a national cohort study. *Annals of Internal Medicine*, v. 167, n. 3: 465-475, 2017.
- DUCKHAM, R. L. *et al.* Does physical activity in adolescence have site-specific and sex-specific benefits on young adult bone size, content, and estimated strength?. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 29, n. 2, p. 479–486, 2014.
- ELHAKEEM, A. *et al.* Physical activity throughout adolescence and peak hip strength in young adults. *JAMA*, v. 3, n. 8, p. e2013463, 2020.
- FAIENZA, M. F. *et al.* How physical activity across the lifespan can reduce the impact of bone ageing: A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 6, p. 1–9, 2020.
- FAUL, F. . *et al.* G * Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behaviour Research Methods*, v. 39, n. 2, p. 175–191, 2007.
- FORWOOD, M. R. Growing a healthy skeleton: the importance of mechanical loading. In: ROSEN, C. J. *et al.* (Org.). ***Primer on the metabolic bone diseases and disorders of mineral metabolism***. 8^a ed. American Society for Bone and Mineral Research, 2013. p. 149-155.

- FREEDSON, P. S.; MELANSON, E.; SIRARD, J. Calibration of the computer science and applications, inc. accelerometer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 30, n. 5, p. 777–781, 1998.
- FROST, H. M. Bone's mechanostat: A 2003 update. *Anatomical Record - Part A Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology*, v. 275, n. 2, p. 1081–1101, 2003.
- GABEL, L. *et al.* Bouts of vigorous physical activity and bone strength accrual during adolescence. *Pediatric Exercise Science*, v. 29, n. 4, p. 465–475, 2017.
- GOODSHIP, A. E. *The law of bone remodelling*. Berlin, 1986.
- GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Anthropometric standardization reference manual. *In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. (Ed. . (org.)). Anthropometric standardization reference manual*. Champaign, p. 3–8, 1988.
- GUNTER, K. *et al.* Impact exercise increases BMC during growth: An 8-year longitudinal study. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 23, n. 7, p. 986–993, 2008.
- HADJIDAKIS, D. J.; ANDROULAKIS, I. I. Bone remodeling. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1092, p. 385–396, 2006.
- HAMIL, J. *Bases biomecânicas do movimento humano*. São Paulo, 1999.
- HATFIELD D.P. *et al.* Economos CD. Exploring new relationships between physical activity volume and intensity and cardiometabolic risk in U.S. adolescents. *Journal of Physical Activity and Health*, v. 12, p:1312–9, 2015.
- HAYES, G. Tracking of physical activity and sedentary behavior from adolescence to young adulthood: A systematic literature review. *Journal of Adolescent Health*, v. 65, n. 4, p. 446 - 445, 2019.
- HEALTH, A. B. *Glossary – American Bone Health*. 2018.
- HEALY, G. N. *et al.* Objectively measured sedentary time, physical activity, and aetabolic risk. *Diabetes Care*, v. 31, n. 2, 2008.
- HEANEY, R. . *et al.* Peak bone mass. *Osteoporosis International*, v. 11, p. 985–1009, 2000.
- HERNANDEZ, C.J.; BEAUPRÉ, G.S.; CARTER, D.R.; A theoretical analysis of the relative influences of peak BMD, age-related bone loss and menopause on the development of osteoporosis. *Osteoporos Int*. 2003;14(10):843–7
- HERVÁS, G. *et al.* Bone health and its relationship with impact loading and the continuity of physical activity throughout school periods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 16, n. 16, 2019.
- HERVÁS, G. *et al.* Physical activity, physical fitness, body composition, and nutrition are associated with bone status in University students. *Nutrients*, [s. l.], v. 10, n. 1, 2018.
- HUGHES, J. M.; PETIT, M. A. Biological underpinnings of frost's mechanostat thresholds: The important role of osteocytes. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions*, v. 10, n. 2, p. 128–135, 2010.
- IOF - INTERNATIONAL OSTEOPOROSIS FOUNDATION. *The Latin America Regional Audit: Epidemiology, costs & burden of osteoporosis in 2012*. Nyon, Switzerland: 2012.
- JACKOWSKI, S. A. *et al.* Adolescent physical activity and bone strength at the proximal femur in adulthood. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 46, n. 4, p. 736–744, 2014.

- JANZ, K. F. *et al.* Muscle power predicts adolescent bone strength: Iowa Bone Development Study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 47, n. 10, p. 2201–2206, 2015.
- JEPSEN, K. J.; MIKIC, B. Understanding bone strength : size isn't everything. *Bone*, v. 29, n. 2, p. 101–104, 2001.
- JUNQUEIRA, L.; CARNEIRO, J. *Biologia celular e molecular*. 8 Edição - Ed. Rio de Janeiro: 2006.
- KANIS, J. A. *et al.* The components of excess mortality after hip fracture. *Bone*, v. 32, n. 5, p. 468–473, 2003.
- KANIS, J. A. *et al.* The diagnosis of osteoporosis. *Journal of Bone*, v. 9, n. 8, p. 1137–1141, 1994.
- KELLY, T.L.; WILSON, K.E.; HEYMSFIELD, S.B. Dual energy absorptiometry body composition reference values from NHANES. *PlosOne*, v. 4, n. 9: e7038, 2009.
- KEMPER, H. C. G. *et al.* A fifteen-year longitudinal study in young adults on the relation of physical activity and fitness with the development of the bone mass: The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *Bone*, v. 27, n. 6, p. 847–853, 2000.
- KIM, Y. A. *et al.* Effects of physical activity on bone mineral density in older adults: Korea National Health and Nutrition Examination Survey, 2008-2011. *Archives of Osteoporosis*, n. 14, v. 1, p.103, 2019.
- KIM, S. *et al.* A comparison of bone quality at the distal radius between Asian and white adolescents and young adults: An HR-pQCT study. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 28, n. 9, p. 2035–2042, 2013.
- KIM, H. J. *et al.* Restoration of bone turnover rate after decompression surgery in patients with symptomatic lumbar spinal stenosis: preliminary report. *Spine*, United States, v. 34, n. 18, p. E635-9, 2009.
- KLEIN-NULEND, J.; BACABAC, R. G.; BAKKER, A. D. Mechanical loading and how it affects bone cells: the role of the osteocyte cytoskeleton in maintaining our skeleton. *European Cells and Materials*, v. 24, p. 278–291, 2012.
- KOEDIJK, J. B. *et al.* Sedentary behaviour and bone health in children, adolescents and young adults: a systematic review. *Osteoporosis International*, v. 28, n. 9, p. 2507–2519, 2017.
- KRONHED, A. C. G. *et al.* Association between physical activity and forearm bone mineral density in 20-72-year-olds. *Advances in Physiotherapy*, v. 4, n. 2, p. 87–96, 2002.
- KWON, S. *et al.* Developmental trajectories of physical activity, sports, and television viewing during childhood to young adulthood: Iowa bone development study. *JAMA Pediatrics*, v. 169, n. 7, p. 666–672, 2015.
- LIN, Z. *et al.* Correlation between sedentary activity, physical activity and bone mineral density and fat in America: National Health and Nutrition Examination Survey, 2011-2018, *Scientific Report*, v. 13, n. 1:p. 10054, 2023.
- LLOYD, T. *et al.* Modifiable determinants of bone status in young women. *Bone*, United States, v. 30, n. 2, p. 416–421, 2002.
- LOMBARDI, G.; ZIEMANN, E.; BANFI, G. Physical activity and bone health: What is the role of immune system? A narrative review of the third way. *Frontiers in Endocrinology*, v. 10, 2019.

- LU, J. *et al.* Peak bone mass and patterns of change in total bone mineral density and bone mineral contents from childhood into young adulthood. *Journal Clinical Densitometry*, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 180–191, 2016.
- MAIA, J.A.R. *et al.* Uma nota didáctica breve no uso esclarecido de procedimentos estatísticos em análise de dados repetidos no tempo. Um estudo guiado para investigadores das Ciências do Desporto. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, vol. 4, n. 3, p. 115–133, 2004.
- MALINA, Robert M. Tracking of physical activity and physical fitness across the lifespan. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v. 67, n. sup3, p. S-48-S-57, 1996.
- MALINA, R. M. Physical activity and fitness: Pathways from childhood to adulthood. *American Journal of Human Biology*, v. 13, n. 2, p. 162–172, 2001.
- MATTON, L. *et al.* Tracking of physical fitness and physical activity from youth to adulthood in females. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2006; 38 (6): 1114–20.
- MCVEIGH, J A *et al.* Longitudinal Trajectories of television watching across childhood and adolescence predict bone mass at age 20 years in the rainie study. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 31, n. 11, p. 2032–2040, 2016.
- MEIN, A. L. *et al.* Lifestyle influences on 9-year changes in BMD in young women. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 19, n. 7, p. 1092–1098, 2004.
- MENEGUCI, J. *et al.* Comportamento sedentário: conceito, implicações e procedimentos de avaliação. *Motricidade*, v.11, n.1:160-174, 2015
- METCALF, K. M. *et al.* An 8-year longitudinal analysis of physical activity and bone strength from adolescence to emerging adulthood: The Iowa bone development study. *Pediatric Exercise Science*, v. 32, n. 1, p. 58–64, 2020.
- MIKKILÄ, S. *et al.* A 15-year follow-up study of hip bone mineral density and associations with leisure time physical activity. the Tromsø Study 2001-2016. *PLoS ONE*, v. 17, n. 1, 2022.
- MILLER, L. *et al.* Pattern of recovery after open reduction and internal fixation of proximal phalangeal fractures in the finger: a prospective longitudinal study. *The Journal of Hand Surgery, European Volume*, England, v. 42, n. 2, p. 137–143, 2017.
- MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (prisma-p) 2015 statement. *Systematic Review*, v. 4, n. 1, p. 2–9, 2015.
- MOOLA, S. *et al.* Checklist for Cohort Studies. *Joanna Briggs Institute Reviewer's Manual*, p. 1–7, 2017.
- MORSETH, B. Tracking of leisure time physical activity during 28 yr in adults: the Tromsø study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 43, n. 7, p. 1229-1234, 2011.
- MUSA, S.; ELYAMANI, R.; DERGAA, I. COVID-19 and screen-based sedentary behaviour: Systematic review of digital screen time and metabolic syndrome in adolescents. *PLoS ONE*, v. 17, n. 3, p. 1–18, 2022.
- NEVILLE, C. E. *et al.* Relationship between physical activity and bone mineral status in young adults: The Northern Ireland young hearts project. *Bone*, v. 30, n. 5, p. 792–798, 2002.
- NG, C. A. *et al.* Physical activity estimated by osteogenic potential and energy expenditure has differing associations with bone mass in young adults: the rainie study. *Archives of Osteoporosis*, v. 17, n. 1, 2022.

- NILSSON, M. *et al.* Increased physical activity is associated with enhanced development of peak bone mass in men: A five-year longitudinal study. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 27, n. 5, p. 1206–1214, 2012.
- OURA, P. *et al.* Effects of leisure-time physical activity on vertebral dimensions in the northern finland birth cohort 1966. *Scientific Reports*, v. 6, p. 27844, 2016.
- OWEN, N. *et al.* Adults' sedentary behavior determinants and interventions. *American Journal of Preventive Medicine*, v. 41, p. 189–196, 2011.
- PAFFENBAERGER, R. S. *et al.* Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *The New England Journal of Medicine*, v. 314, n. 10, p. 605–613, 1986.
- PATE, R. R. *et al.* Public health and prevention and the american college of sports medicine. *Journal of American Medical Association*, v. 273, n. 5, p. 402–407, 1995.
- PARSONS, T.J.; POWER, C.; MANOR, O. Longitudinal physical activity and diet patterns in the 1958 British Birth Cohort. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 38, n. 3, p: 547–54, 2006.
- PIERCY, K. L. *et al.* The Physical Activity Guidelines for Americans. *JAMA*, v.320, n. 19, p: 2020–2028, 2018.
- PINHEIRO, M. M. *et al.* O impacto da osteoporose no Brasil: dados regionais das fraturas em homens e mulheres adultos - The Brazilian Osteoporosis Study (BRAZOS). *Revista Brasileira de Reumatologia*, v. 50, n. 2, p. 113–120, 2010.
- ROBLING, A.G.; HINANT, F.M.; BURR, D.B. *et al.* Improved bone structure and strength after long-term mechanical loading is greatest if loading is separated into short bouts. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 17, n. 8, p:1545–54, 2002.
- ROBLING, A.G.; BURR, D.B.; TURNER, C.H. Recovery periods restore mechanosensitivity to dynamically loaded bone. *Journal of Experimental Biology*, v. 204, p:3389–99, 2001.
- ROBLING, A. G. *et al.* *Mechanical Adaptation*. 2019.
- RONQUE, E. R. V. *et al.* Tracking of body adiposity indicators from childhood to adolescence: Mediation by BMI. *Plos One*, v. 13, n. 2: e0191908, 2018.
- ROWLANDS, A. V. *et al.* Physical activity for bone health: how much and/or how hard?. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 52, n. 11, p. 2331–2341, 2020.
- SALARI, N. *et al.* The global prevalence of osteoporosis in the world: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, v. 16, p. 609, 2021.
- SALLIS, J. F.; PROCHASKA, J. J.; TAYLOR, W. C. A review of correlates of physical activity of children and adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 32, n. 5, p. 963–975, 2000.
- SEEMAN, E. Bone modeling and remodeling. *Critical ReviewsTM in Eukaryotic Gene Expression*, v. 19, n. 3, p. 219–233, 2009.
- SHADYAB A.H. *et al.* Association of accelerometer-measured physical activity with leukocyte telomere length among older women. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, v.12, p:1532–7, 2017.
- TAMME, R. *et al.* Physical activity in puberty is associated with total body and femoral neck bone mineral characteristics in males at 18 years of age. *Medicina (Kaunas)*, v. 55, n. 5,

2019.

TELAMA, R. *et al.* Tracking of physical activity from early childhood through youth into adulthood. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, v. 46, n. 5, p. 955-962, 2014.

TOOMBS, R. J. *et al.* The impact of recent technological advances on the trueness and precision of DXA to assess body composition. *Obesity*, v. 20, n. 1, p. 30–39, 2012.

TREMBLAY, M. S. *et al.* Sedentary Behavior Research Network (SBRN) - Terminology consensus project process and outcome. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, v. 14, n. 1, p. 1–17, 2017.

TU, K. N. *et al.* Osteoporosis: A review of treatment options. *P & T*, v. 43, n. 2, p. 92–104, 2018.

VAN MECHELEN, W. *et al.* Longitudinal relationships between lifestyle and cardiovascular and bone health status indicators in males and females between 13 and 27 years of age; a review of findings from the Amsterdam growth and Health Longitudinal Study. *Public Health Nutrition*, v. 2, n. 3 A, p. 419–427, 1999.

VICENTE-RODRÍGUEZ, G. *et al.* Extracurricular physical activity participation modifies the association between high TV watching and low bone mass. *Bone*, v. 45, n. 5, p. 925–930, 2009.

VINCENT, J. *Statistics in kinesiology*. Champaign: Human Kinetics Books, 1994.

WALLACE, J. M. *Skeletal hard tissue biomechanics*. Second Edied.: Elsevier Inc., 2019. *E-book*.

WARDEN, S. J.; WRIGHT, C. S.; FUCHS, R. K. Bone microarchitecture and strength adaptation to physical activity: A within-subject controlled HRpQCT Study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 53, n. 6, p. 1179–1187, 2021.

WEAVER, C. M. *et al.* The National Osteoporosis Foundation’s position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporosis International*, v. 27, n. 4, p. 1281–1386, 2016.

WELLS, G. *et al.* *The Newcastle–Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of non-randomized studies in meta-analysis*. 2000.

WHO. *Guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. 2020.

WILLEMS, H.M.E. *et al.* Diet and exercise: a match made in bone. *Current Osteoporosis Reports*. n.15, p. 555-563, 2017.

WINTHER, A. *et al.* Leisure time computer use and adolescent bone health-findings from the Tromsø Study, Fit Futures: A cross-sectional study. *BMJ Open*, v. 5, n. 6, p. 1–9, 2015.

WOLFF-HUGHES, D. L. *et al.* Total activity counts and bouted minutes of moderate-to-vigorous physical activity: relationships with cardiometabolic biomarkers using 2003–2006 NHANES. *Journal of Physical Activity and Health*, v. 12, p:694–700, 2015.

WU, F, *et al.* Moderate-to-vigorous physical activity but not sedentary time is associated with musculoskeletal health outcomes in a cohort of Australian middle-age women. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 32, p:708–15, 2017.

ZHENG, S. *et al.* The cross-sectional and longitudinal associations of dietary patterns with knee symptoms and MRI detected structure in patients with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*, v. 29, n. 4, p. 527–535, 2021.

ZHU, X.; ZHENG, H. Factors influencing peak bone mass gain. *Frontiers of Medicine*, v. 15, n. 1, p. 53–69, 2021.

ZYMBAL, V. L. *et al.* Determining skeletal geometry. *In: Biomarkers in Bone Disease*. Preedy, 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da pesquisa:

“Aptidão física e prática de esportes na infância e adolescência e indicadores de saúde óssea na idade adulta: interação com trajetórias da atividade física na idade adulta”.

Prezado (a) Senhor (a):

Gostaríamos de convidá-lo(a) para participar da pesquisa “Aptidão física e prática de esportes na infância e adolescência e indicadores de saúde óssea na idade adulta: interação com trajetórias da atividade física na idade adulta”. O objetivo da pesquisa é “Analisar a relação entre os indicadores da aptidão física e a prática esportiva no período da infância e adolescência com indicadores de saúde óssea na idade adulta, e o efeito de mediação de trajetórias da atividade física e dos indicadores da adiposidade corporal do adulto”. Sua participação é muito importante e gostaríamos de informar que todas as avaliações serão realizadas na Universidade Estadual de Londrina com a permissão/supervisão dos pesquisadores. A assinatura deste termo incluirá sua participação nas seguintes atividades: (1) Preenchimento de questionários sobre prática de atividades físicas, comportamento sedentário, hábitos alimentares, consumo de bebidas alcoólicas, tabaco e drogas ilícitas, horas de sono e informações sociodemográficas (estado civil, número de filhos, constituição da moradia, peso de nascimento, peso e estatura dos pais); (2) Medidas antropométricas de peso, estatura, circunferência de cintura, dobras cutâneas; (3) Teste motores para determinação da aptidão física: teste de sentar e alcançar; teste de resistência/força abdominal; teste de salto horizontal; teste de preensão manual; teste de corrida vai e vem de 20 metros; Teste laboratorial de força muscular no dinamômetro isocinético; (4) Utilização de um sensor de movimento durante sete dias e responder o aplicativo no aparelho celular. (5) Avaliação da densidade mineral óssea será obtida por um método avançado de Raio-X, chamado DXA, realizado em um equipamento específico em uma clínica especializada.

As contraindicações para realizar o exame são: mulheres em período gestacional ou com suspeitas de estar grávida; indivíduos que tenham ingerido ou se infectado com radionuclídeos ou agentes radiopacos, como por exemplo, realizado exames contrastados ou de medicina nuclear (cintilografia, tomografia computadorizada, etc.) a pelo menos 7 dias; pessoas em tratamento com medicação que contenham cálcio. Quanto aos procedimentos, os avaliados deverão retirar todos os objetos metálicos do corpo, tais como: brincos, anéis, piercings, relógios, joias e adereços metálicos em geral. Utilizar roupas leves, que não contenham metal, como fechos de correr (zíper), fivelas, botões, molas, sutiã com aro metálico, etc. Informar se possui implantes metálicos no corpo e se usa marcapasso cardíaco.

Todas as atividades serão supervisionadas por pesquisadores devidamente treinados participantes do projeto.

Gostaríamos de esclarecer que a participação é totalmente voluntária. O participante pode recusar-se a participar/desistir a qualquer momento sem sofrer nenhum prejuízo. As informações serão utilizadas para fins dessa pesquisa e para pesquisas posteriores e todos os documentos e amostras utilizados serão identificados por um código numérico sem identificação do nome pessoal para preservar a identidade do participante. Lembramos que não será cobrada taxa alguma por estas avaliações. Da mesma forma, nenhuma quantia será paga aos participantes. Garantimos ainda, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação na pesquisa. Assim, o ressarcimento das despesas de deslocamento fica garantida a todos os participantes da pesquisa.

Ao final do estudo comprometemo-nos a retornar com os resultados de todas as avaliações, que serão entregues aos participantes. Diversos benefícios são esperados com a conclusão dessa pesquisa, tais como detecção dos participantes que atendem as recomendações de atividade física

moderada a vigorosa; se possuem tempo em comportamento sedentário acima do recomendado pelas Organizações de Saúde, se os hábitos alimentares e horas de sono/saúde estão de acordo com as recomendações e se há participantes com excesso de peso corporal e com valores inadequados da densidade óssea. Os possíveis riscos estão associados a possíveis desconfortos durante a coleta, como a possibilidade de cansaço físico durante os testes de corrida a serem realizados. Caso ocorra alguma intercorrência durante o teste, como por exemplo, o participante sofrer uma queda, fadiga muscular excessiva ou ocorrer uma contusão óssea ou muscular nos membros inferiores será solicitado o serviço de emergência, da empresa Saúde Mais, para o atendimento do participante, se necessário. Em relação ao exame do DXA, o procedimento tem a duração de 20 a 30 minutos, o exame é indolor e o risco do exame é mínimo. A taxa de radiação efetiva durante o procedimento é baixa, equivalente a um exame de raio X ou dois dias de exposição natural no meio ambiente.

Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá contatar o Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque, no Departamento de Educação Física da Universidade Estadual de Londrina pelo telefone (43) 3371-4139 / (43) 99106907, e-mail: enioronque@uel.br, ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue ao (à) senhor(a).

Londrina, ____ de _____ de 20 ____.

Pesquisador Responsável

RG: _____

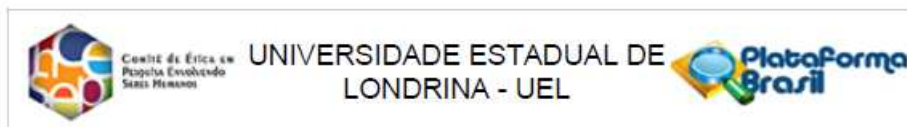
Eu _____ (NOME POR EXTENSO DO SUJEITO DE PESQUISA), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: _____

ANEXOS

ANEXO 1 – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Aptidão física e prática de esportes na infância e adolescência e indicadores de saúde óssea na idade adulta: interação com trajetórias da atividade física na idade adulta

Pesquisador: Enio Ricardo Vaz Ronque

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 29641420.7.0000.5231

Instituição Proponente: CEFE - Departamento de Educação Física

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.964.537

Apresentação do Projeto:

É um estudo longitudinal, numa terceira fase, iniciado em 2002, onde se pretende analisar a influência de aptidão física e prática desportiva na formação óssea e metabólica na idade adulta.

De acordo com o documento PB - Informações Básicas o estudo faz parte do banco de dados do projeto intitulado "Aptidão física e prática de esportes na infância e adolescência e fatores de risco biológicos e comportamentais em adultos: um estudo longitudinal de 15 anos", com delineamento longitudinal, teve sua primeira fase no ano de 2002, com seguimento até 2006, e a segunda fase das coletas foi em 2016. Para a terceira fase, cerca de 150 adultos jovens, que participaram das fases I e II, de ambos os sexos, com idade entre 25 e 29 anos serão recrutados. Medidas antropométricas de massa corporal, estatura, circunferência de cintura serão obtidas e o índice de massa corporal (IMC) será calculado. Uma bateria de testes motores será aplicada: teste de sentar e alcançar; teste de resistência/força abdominal; teste de salto horizontal; teste de preensão manual; teste de corrida vai e vem de 20 metros.

Medidas laboratoriais com dinamômetro isocinético para avaliar a força muscular e a composição corporal e a densidade mineral óssea será obtida pelo DXA. Ademais, a atividade física e o comportamento sedentário serão estimadas pelo método de acelerometria e a prática de esportes e informações sociodemográficas serão levantadas por meio de questionários. A regressão linear simples será empregado para verificar as relações entre as variáveis no período da infância e

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR **Município:** LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

CEP: 86.057-970

E-mail: cep268@uel.br



Centro de Ética em
Pesquisa Envolvendo
Seres Humanos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 3.964.537

adolescência com desfecho na idade adulta. A análise de mediação será realizada com os procedimentos descritos por Baron e Kenny. A significância adotada será de 5%.

Objetivo da Pesquisa:

De acordo com o documento PB - Informações Básicas os objetivos são:

Objetivo Primário: Analisar a relação entre os indicadores da aptidão física e a prática esportiva no período da infância e adolescência com indicadores de saúde óssea na idade adulta, e o efeito de mediação de trajetórias da atividade física e dos indicadores da adiposidade corporal do adulto.

Objetivo Secundário: Verificar os preditores dos indicadores de saúde óssea em adultos a partir dos indicadores da aptidão física (aptidão cardiorrespiratória, força muscular e composição corporal) na infância e adolescência.

Relacionar a prática de esportes na infância e adolescência com a densidade e conteúdo mineral ósseo na idade adulta e analisar os efeitos da mediação da atividade física atual nessa relação.

Identificar a relação entre a prática de esportes na infância e adolescência com a densidade e conteúdo mineral ósseo na idade adulta e analisar os efeitos da mediação da gordura corporal e do comportamento sedentário.

Observar a associação entre as trajetórias de atividade física e do comportamento sedentários nos indicadores de saúde óssea em adultos acompanhados por quatro anos.

Analisar a relação das trajetórias dos indicadores de aptidão física passado, atual e sua persistência na saúde óssea em adultos jovens.

Verificar a associação entre PE na infância e na adolescência com a saúde óssea no adulto e o efeito da mediação das trajetórias da aptidão física atual.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

De acordo com o documento PB - Informações Básicas os riscos e benefícios são:

Riscos: Os possíveis riscos estão associados a possíveis desconfortos durante a coleta, como a possibilidade de cansaço físico durante os testes motores a serem realizados. Caso ocorra alguma intercorrência durante os testes físicos será solicitado o serviço de emergência para o atendimento do participante, se necessário.

Benefícios: A presente investigação proporcionará o diagnóstico precoce de desfechos em saúde óssea bem como permitirá identificar fatores a eles associados. Assim, acredita-se que as informações produzidas poderão, potencialmente, gerar estratégias de redução dos fatores de risco e de enfermidades a partir de ações preventivas reduzindo assim, custos nos sistemas de

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

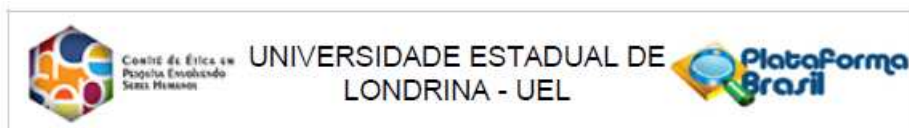
UF: PR

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-970

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep208@uel.br



Continuação do Parecer: 3.964.537

saúde.

Os riscos apresentados no documento PB - Informações Básicas e no TCLE são os mesmos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo é de relevância pois se propõe avaliar o quanto atividade física culminaria em prevenção de uma série de problemas de saúde na vida adulta.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Folha de Rosto devidamente assinada.

TCLE não possui email do pesquisador.

Feito em forma de convite.

O Termo de Consentimento informa que nenhuma taxa será cobrada pelas avaliações tampouco o participante receberá algum pagamento. No entanto, menciona o ressarcimento de despesas, caso seja solicitada pelo participante. De acordo com a Resolução 466/12, o ressarcimento das despesas ao participante é obrigatória para todos e não somente mediante a sua solicitação.

No TCLE menciona a possibilidade de se chamar o serviço de emergência, caso alguma intercorrência ocorra. Há necessidade de esclarecimento de como é realizado o teste físico e quais são os possíveis riscos. Há necessidade de especificar qual o serviço de emergência alocado com apresentação de declaração de ciência e concordância, lembrando que de acordo com a resolução vigente os serviços de saúde públicos não podem ser onerados em decorrência das pesquisas.

Para a realização do DXA há a informação de que o participante será orientado sobre as contraindicações e procedimento (pág. 9, do documento Projeto Brochura). Não há menção de quais são as contraindicações e de como é realizado o procedimento. Em especial, no TCLE.

Termo de Concordância/Anuência foi enviado ao CEP adequadamente.

Termo de Sigilo e Confidencialidade enviado e assinado adequadamente.

Instrumento de coleta de dados: questionário.

Cronograma de execução adequado, com coleta de dados prevista para 01/03/2021.

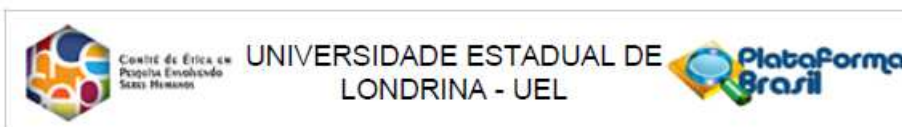
Orçamento de R\$ 9.750,00 e financiamento próprios.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após análise por este comitê, solicita-se a adequação e apresentação dos seguintes documentos:

- 1) No TCLE: inserir o e-mail do pesquisador, inserir as contraindicações, procedimentos e riscos relativos à realização do exame DXA. Readequar a redação do item riscos com relação ao serviço

Endereço: LABESC - Sala 14
 Bairro: Campus Universitário
 UF: PR Município: LONDRINA CEP: 86.057-970
 Telefone: (43)3371-5455 E-mail: cep268@uel.br



Continuação do Parecer: 3.964.537

de emergência como descrito acima. Readequar a redação em relação ao ressarcimento das despesas conforme descrito acima nos Termos de apresentação obrigatória, o ressarcimento é direito de todos os participantes e não pode ocorrer somente mediante sua solicitação.

2) Incluir no orçamento a previsão de gastos com deslocamentos de todos os participantes da pesquisa.

Considerações Finais a critério do CEP:

Pedimos que seja(m) atendida(s) a(s) pendência(s) apresentada(s). Reforçamos que o atendimento seja feito no menor tempo possível sob pena de, caso transcorra muito tempo, tornar-se necessário também a revisão do cronograma.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1517228.pdf	28/02/2020 10:32:17		Aceito
Declaração de concordância	Termo_de_concordancia_Anuencia_2020.pdf	28/02/2020 10:29:10	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_Confidencialidade_Sigilo_2020.pdf	28/02/2020 10:27:09	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_2020.pdf	28/02/2020 10:24:52	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Saude_ossea_CEP_2020.pdf	28/02/2020 10:24:27	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_2020.pdf	28/02/2020 10:21:59	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito

Situação do Parecer:

Pendente

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: LABESC - Sala 14
 Bairro: Campus Universitário CEP: 86.057-970
 UF: PR Município: LONDRINA
 Telefone: (43)3371-5455 E-mail: cep268@uel.br



Conselho de Ética em
Pesquisa Envolvendo
Seres Humanos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 3.954.537

LONDRINA, 10 de Abril de 2020

Assinado por:
Adriana Lourenço Soares Russo
(Coordenador(a))

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

CEP: 86.057-970

E-mail: cep268@uel.br